

Aus der Orthopädischen Klinik der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz
(Leiter: Prof. Dr. F. Brussatis)

DIE AUSSAGEFÄHIGKEIT DER LUMBALEN MYELOGRAPHIE
MIT WASSERLÖSLICHEN KONTRASTMITTELN
BEI LUMBALEN BANDSCHEIBENVORFÄLLEN
UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG
DER PERIPHEREN WURZELZEICHNUNG

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Würde des Doktors der Medizin
der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz
dem Fachbereich Medizin vorgelegt

von Peter S p i t z e r
aus Kusel/Pfalz

Mainz, 1980

Aus der Orthopädischen Klinik der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz
(Leiter: Prof. Dr. F. Brussatis)

DIE AUSSAGEFÄHIGKEIT DER LUMBALEN MYELOGRAPHIE
MIT WASSERLÖSLICHEN KONTRASTMITTELN
BEI LUMBALEN BANDSCHEIBENVORFÄLLEN
UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG
DER PERIPHEREN WURZELZEICHNUNG

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Würde des Doktors der Medizin
der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz
dem Fachbereich Medizin vorgelegt

von Peter S p i t z e r
aus Kusel/Pfalz

Mainz, 1980



Dekan: Prof. Dr. med. H. Leithoff
1. Gutachter: Prof. Dr. med. F. Brussatis
2. Gutachter: Prof. Dr. med. D. Steeger

Tag der mündlichen Prüfung: 21.5.80

Inhaltsverzeichnis

I.	Problemstellung	S. 1
II.	Technische Durchführung der Myelographie mit dem Kontrastmittel Dimer X	S. 2
III.	Eigene Untersuchungen	
	A. Besprechung der Untersuchungskriterien	S. 6
	B. Sieben Kriterien zur Beschreibung von lumbalen Myelogrammen	S. 7
	C. Richtlinien für die Bewertung der Ausprägungen der 7 Kriterien zur Gewinnung positiver Befundungen	S. 10
	D. Richtlinien für die Differenzierung pathologischer Formen von physiolo- gischen Normvarianten zur Vermeidung von falsch positiven Befundungen	S. 22
IV.	Vergleichende Ergebnisse	
	A. Treffsicherheit der Myelogramme	S. 24
	B. Treffsicherheit bei ausschließlicher Berücksichtigung klinisch-neurologischer Befunde	S. 25
	C. Treffsicherheit bei gemeinsamer Berück- sichtigung klinisch-neurologischer und myelographischer Befundungen	S. 35

V. Diskussion S. 39

VI. Zusammenfassung S. 42

Danksagungen S. 44

Literaturverzeichnis S. 45

Lebenslauf S. 48

Anhang: Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen IV.

I. Problemstellung

Die lumbale Myelographie wurde durch die Verwendung wasserlöslicher Kontrastmittel zu einer aussagefähigen Routine-methode, die bei Verdacht auf Vorliegen einer lumbalen Diskushernie angezeigt ist, wenn die Operation in Aussicht genommen wird. Die Myelographie dient dann der Lokalisation der Hernie.

Ferner erfolgt die Myelographie bei diagnostischen Schwierigkeiten.

Die Treffsicherheit der Methode wird durch Gegenüberstellung der in den Krankengeschichten präoperativ niedergelegten Befunden der Myelogramme und der Operationsbefunde überprüft.

Anschließend werden in Kenntnis der Operationsergebnisse und unter Berücksichtigung der anatomischen Besonderheiten im Lumbosakralbereich sämtliche noch verfügbaren Myelogramme mit Auswertung der peripheren Wurzelzeichnungen reinterpretiert.

Ziel dieser Arbeit ist es somit, in einer Reinterpretation der Myelogramme weitere myelographische Diagnosekriterien eines Bandscheibenvorfalles zu finden, die die Ausbeute an positiven Myelogrammbefunden erhöhen und Richtlinien für deren Bewertung abzuleiten.

II. Technische Durchführung der Myelographie mit dem Kontrastmittel Dimer X^R

Die Myelographie mit wasserlöslichen Kontrastmitteln hat einen festen Platz in der Diagnostik raumbeschränkender spinaler Prozesse im Bereich der unteren Lendenwirbelsäule. Gegenüber den Kontrastmitteln auf öligem Grundlage liegt der entscheidende Vorteil in der besseren Ausbreitung des wasserlöslichen Kontrastmittels im Subarachnoidalraum. Hier lassen sich die Feinstrukturen der einzelnen Wurzelabgänge mit den Wurzeltaschen zur Darstellung bringen.

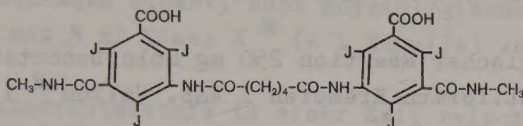
Auch ein weiter lateral gelegener Bandscheibenvorfall kann auf diese Weise eher erkannt werden.

Seit 1971 wurde an der Mainzer Orthopädischen Universitätsklinik die Myelographie zunächst noch mit Abrodil^R der Firma Bayer und ab 1972 mit Dimer X^R der Firma Byk Gulden stationär durchgeführt.

Über die chemische Zusammensetzung und die physikalischen Eigenschaften von Dimer X^R macht die Firma Byk Gulden folgende Angaben:

Zusammensetzung

Dimer-X ist eine 60%ige wässrige Lösung des Methylglukaminsalzes der 5,5'-Adipoyldiamino-bis(2,4,6-trijod-N-methyl-isophthalamssäure) (locarminsäure).



Summenformel	$C_{24}H_{20}J_6N_4O_8$
Molekulargewicht	1254
Jodgehalt	60,7%

Eigenschaften

Die Kontrastmittellösung enthält **0,28 g Jod/ml** bzw. **1,4 g Jod pro Ampulle**.

pH	6,5–7,8
Dichte (g/ml) bei 20° C	1,328
Viskosität (m Pa · s) bei 37° C	7,2
Osmolarität (m Osmol/l)	1040

Wird Dimer-X mit Aqua bidestillata im Verhältnis 5:4 verdünnt, beträgt die Osmolarität **570 m Osmol/l**.

Das Kontrastmittel wird in kurzer Zeit vollständig resorbiert und über die Nieren ausgeschieden. Nur in Fällen mit bekannter Jodallergie sowie bei chronischen Nieren- und Leberschäden wurde auf Luft als negatives Kontrastmittel ausgewichen.

Durchführung der Myelographie mit Dimer X^R

Vorbereitung des Patienten

Der Patient soll nüchtern sein, um Erbrechen zu verhindern.

Anlegen eines venösen Zugangs

(bei vasovagaler Dysregulation 1 Amp. Novadral^R der Akrinor^R i. v.)

(bei allergischer Reaktion 250 mg Solu Decortin H^R i. v.)

(bei epileptiformen Krämpfen 1 Amp. Valium^R i. v.).

Liquorentnahme und Injektion des Kontrastmittels

Der Patient wird auf einen Kipptisch mit erhöhtem Kopfteil in Seitenlage gelagert.

Abtastung des nächsten Zwischenwirbelraumes oberhalb der vermuteten Bandscheibe (in der Regel geht man im Zwischenraum L 3/4 ein). Die Kanülenspitze soll später möglichst nahe am erwarteten Bandscheibenvorfall liegen, weil hier der Verdünnungseffekt durch die verminderte Liquorzirkulation am geringsten ist.

Lokalanästhesie der Haut und Bänder mit maximal 2 ml 1 %-iger Scandicain^R Lösung ohne Adrenalinzusatz mit der Nadel Nr. 18.

Lumbalpunktion mit einer Spinalnadel. Bei Aspiration von blutigem Liquor, der auch nach Abtropfen einiger Tropfen nicht aufklart, soll die Untersuchung später wiederholt werden.

Queckenstedt Versuch zur Feststellung, ob die Liquorpassage im Spinalkanal frei oder behindert ist.

Mit einer 10 ml Spritze werden etwa 7 ml Liquor aspiriert, wovon 3 ml zur Eiweiß- und Zellzahlbestimmung abgesondert werden.

4 ml Liquor (oder Aqua bidest. oder physiologische Kochsalzlösung) werden mit 5 ml Dimer X^R (= 1 Ampulle) verdünnt.

Injektion des Kontrastmittels in einer Zeit zwischen 10 und 30 sec.

Aufnahmepositionen und Röntgentechnik

siehe Abb. 1 und Tab. 1

Lagerungsmaßnahmen nach der Untersuchung

6 - 8 Stunden halbsitzende Position, um ein Aufsteigen des Kontrastmittels innerhalb des Subarachnoidalraumes zu verhindern.

Während der folgenden 48 Stunden konsequente Flachlagerung zur Vermeidung des postpunktionellen Unterdruckkopfschmerzes. Wenn dennoch Kopfschmerzen eintreten, so ist der Liquorverlust durch ausreichende Flüssigkeitszufuhr zu ersetzen.

III. Eigene Untersuchungen

A. Besprechung der Untersuchungskriterien

Die Frage nach der Treffsicherheit der Myelographie kann ich sehr einfach beantworten. Ich habe dazu die in den Krankengeschichten präoperativ niedergelegten Myelogrammbeurteilungen nach Bandscheibenhöhen geordnet und mit den positiv explorierten Bandscheibenetagen verglichen. Da die Myelographie in jedem Einzelfall auch zur Beantwortung der Grundsatzfrage dienen soll, ob überhaupt ein Bandscheibenvorfall vorliegt oder nicht, z. B. bei pseudoradikulären Beschwerden, betrachte ich die Gruppe der Bandscheibenvorfälle, die das erste Mal an der Bandscheibe operiert wurden und die Gruppe der Negativexplorationen gemeinsam.

Nach dieser Methode kann ich erreichen, daß präoperativ $189/204 = 92,6\%$ richtige und $15/204 = 7,4\%$ falsche Befundungen erreicht wurden (Tab. 2 - 8). Grundlage der damaligen Beurteilung waren die besonders in den Veröffentlichungen von BRUSSATIS (1960) und WELLAUER (1961) beschriebenen Kriterien des Bandscheibenvorfalles.

Trotz dieser hohen Treffsicherheit habe ich mich nicht einfach mit den alten Myelogrammbefunden zufriedengegeben.

In der Hoffnung, besonders bei den falsch negativ interpretierten Myelogrammen doch noch einen bisher versteckten Hinweis auf den Prolaps zu finden, habe ich im Vergleich mit anatomischen Studien des Duralsackes im Lumbosakralbereich (SALAMON und Mitarbeiter, 1966) und in Kenntnis des Operations-

situs alle Myelogramme einer weiteren nachträglichen Durchsicht unterzogen.

Dabei wurde ein Schema mit 7 Diagnosekriterien erarbeitet, welches die Wurzelaustritte der verschiedenen Etagen einer systematischen Prüfung auf pathologische Formabweichungen unter Berücksichtigung anatomischer Normvarianten unterzieht.

Zunächst soll an Hand von Normalmyelogrammen der gesunden Seite der Vorgang der Untersuchung der im Kontrastmittelbild dargestellten Wurzeln der Cauda Equina erläutert werden (Abb. 2), wobei 7 Kriterien einzeln geprüft werden.

Der Einfachheit halber werden diese Gesichtspunkte zunächst in Kurzfassung geschildert.

B. Sieben Kriterien zur Beschreibung von lumbalen Myelogrammen

1. Ästerelief des Nervenbaumes (Duralsack mit Wurzelaschen)

Ästerelief einer Fichte, deren Äste von oben nach unten stetig länger werden
oder einer Pappel, deren Äste fast durchgehend gleich lang sind.

Normal:

Keine Astverbreiterung und keine Astverkürzungen im gleichmäßigen Ästerelief.

2. Mediales Dreieck - siehe Abb. 3

Begrenzung:

- basal: sichelförmige Umschlagfalte der Dura mater caudal der austretenden Wurzel, Grenzlinie bogenförmig und nach unten konkav.
- lateral: austretende Wurzel, Grenzlinie gerade bis leicht bogenförmig und nach außen gerade bis leicht konkav.
- medial: virtuelle, senkrecht verlaufende Tangente an der Innenwand der Dura mater.

Die Dreiecke sind von oben nach unten bis zur Wurzel S 2 meist durchgehend beurteilbar.

Normal:

Keine Verminderung des Volumens und kein völliges Fehlen eines Dreieckes.

Keine Verdrehung, Verbiegung oder Kantenabrundung eines Dreieckes im Sinne der Umwandlung in ein "deformiertes Dreieck".

3. Impressionen der Dura um die Wurzelabgänge

Normal:

Keine Kontrastmitteleindellungen oder -defekte der Dura.

4. Richtung der Wurzeln

Ein Lendenwirbel projiziert sich in den Halbschrägaufnahmen in der Form eines Hundes - siehe Abb. 4

Richtung der Wurzeln L 1 - 5: Unter die "Schnauze des Hundes" (Querfortsatz des sich in den Halbschrägaufnahmen als Hund

darstellenden Lendenwirbels - LACHAPELE (1939)).

Richtung der Wurzel S 1 - 4: In die Foramina sacralia.

Normal:

Keine Zielverfehlungen der Wurzeln in Richtung "Ohr oder Körper des Hundes" (oberer Gelenkfortsatz oder Wirbelbogen bzw. medial an den Foramina sacralia vorbei).

5. Verlauf der Wurzeln

Wurzeln L 1 - 5: bogenförmige Krümmung um das "Auge des Hundes" (Bogenwurzel), Konkavität zur Bogenwurzel.

Wurzel S 1: Verlauf medial des Zwischenwirbelgelenkes L 5/S 1: bogenförmige Krümmung, Konkavität zum Zwischenwirbelgelenk L 5/ S 1.

Normal:

Keine Krümmungsänderungen der Wurzeln.

6. Vorwölbung im Profilbild (Seitenaufnahme) - siehe Abb. 2/D

Durchgehende Kontrastmittelfüllung bis zum Zwischenwirbelraum S I/2 (physiologische Streubreite L 5/S 1 bis S 3/4), gerader Verlauf oder leichte Eindellungen der ventralen Dural-sackwand in der Höhe der Zwischenwirbelräume, hervorgerufen durch Bandscheibenvorwölbungen im physiologischen Ausmaß.

Normal:

Keine stärkeren isolierten Eindellungen.

7. Zeichen für Bandscheibensequesterluxation cranial oder caudal der betroffenen Bandscheibe

Normal:

Auf den Halbschrägaufnahmen keine Kontrastmitteleinengung ober- oder unterhalb des Zwischenwirbelgelenkes (Bandscheibenhöhe). Auf der Profilaufnahme keine Abdrängung des Kontrastmittels von der Wirbelkörperhinterwand cranial oder caudal der Zwischenwirbelscheibe.

C. Richtlinien für die Bewertung der Ausprägungen der 7 Kriterien zur Gewinnung positiver Befundungen

Zu diesen Ausführungen in Kurzfassung können folgende ergänzende Erläuterungen gegeben werden:

1. Ästerelief des Nervenbaumes

Zunächst werden die einzelnen Wurzeln der Cauda Equina identifiziert. In der Regel sind die Taschen der Wurzeln L 4 - S 2 zu erkennen. Der Duralsack mit den von cranial nach caudal länger werdenden oder zumindest gleich lang bleibenden Wurzel-taschen läßt sich gut mit einem Baum vergleichen, z. B. einer Fichte, deren Äste von oben nach unten stetig länger werden oder einer Pappel, deren Äste fast durchgehend gleich lang sind.

Die Verkürzung eines Astes im gleichmäßigen Ästerelief des Nervenbaumes in der Höhe einer Bandscheibe gibt bereits einen ersten Anhaltspunkt für eine Wurzelkompression.

Die periphere Verkürzung einer Wurzeltasche war in 3 Fällen einziger myelographischer Hinweis auf das Vorliegen eines Vorfalles. Die verkürzten Äste können dabei zusätzlich noch verbreitert sein (Abb. 5).

Durch Beachtung dieses Kriteriums lassen sich manchmal im Grenzbereich zur "verborgenen Zone" (anatomische Strukturen jenseits der myelographischen Darstellbarkeitsgrenze der auslaufenden Wurzeltasche (MACNAB 1971) noch Aussagen über eine distale Wurzelkompression machen.

Nur in etwa 5 % unserer Myelogramme (11 Patienten) gelangte der Nervenbaum als Folge fehlender oder zu enger Wurzeltaschen nur als Stamm ohne Äste zur Darstellung (Tab. 9).

2. Das mediale Dreieck - siehe Abb. 3

Der Wurzelaustritt führt im Myelogramm zu 2 Ausstülpungen der Dura oberhalb und unterhalb der Wurzel (Abb. 6). Der supraradikuläre Arachnoidalraum bildet die supraradikuläre Grube, die in ihrer Form sehr variabel ist und keine diagnostische Bedeutung erlangt.

Die infraradikuläre Grube besitzt im Myelogramm eine Formkonstanz und ist von großem diagnostischem Wert. Wegen der dreieckigen Form wird die untere mit Liquor gefüllte Duraausstülpung als "mediales Dreieck" bezeichnet.

Dieses ist begrenzt basal durch die sichelförmige nach caudal konkave Kontur der Umschlagfalte der Dura mater, lateral

durch die Wurzel selbst mit leicht bogenförmigem Verlauf und medial durch eine virtuelle Tangente an der Innenwand der Dura.

Das mit Kontrastmittel gefüllte mediale Dreieck stellt sich besonders gut auf Schrägaufnahmen dar.

Das Vorhandensein dieses Dreiecks spricht gegen das Vorliegen einer Diskushernie, sofern keine periphere Wurzelkompression und keine cranial oder caudal des Dreiecks liegende Duraimpression nachweisbar ist. Bei einer Diskushernie wird durch Kompression das Volumen dieses Dreiecks bis zu seinem völligen Verschwinden verringert (Abb. 7). Das Fehlen dieses Dreiecks erlaubt mit ziemlicher Sicherheit die Existenz eines Bandscheibenvorfalles zu bestätigen (SALAMON, 1966).

Auch die Formabweichung dieses Dreiecks im Sinne einer Verdrehung, Verbiegung oder Kantenabrundung (sog. "deformiertes Dreieck") ist Hinweis für einen Bandscheibenvorfall. Diese läßt sich durch Vergleich mit den medialen Dreiecken der Nachbarwurzeln des gleichen Bildes leicht identifizieren (Abb. 8).

Auch bei fehlender Darstellung der Wurzeltaschen erlaubt die Beurteilung des medialen Dreiecks somit eine Aussage über einen vorliegenden Bandscheibenvorfall (in 3 Fällen einziger Hinweis zur richtigen Diagnose) (Tab. 10).

Der "Nervenbaum" des Kontrastmittelbildes kann sich beim Normalen im Lumbalbereich in 4 verschiedenen Ausprägungen darstellen (Abb. 9):

1. Kontrastmittelzeichnung der Wurzelanteile mit medialem Dreieck und sich peripher fortsetzender Wurzelscheide (Typ A). Die untere Begrenzung des Dreiecks bildet ein Bogen.
2. Die periphere Fortsetzung der Wurzelscheide fehlt. Mediales Dreieck entsprechend kleiner. Die untere Begrenzung des Dreiecks bildet eine Arkade (Typ B).
3. Mediales Dreieck fehlt. Caudal am Übergang zum Duralsack keine Wurzelscheide ausgeprägt (Typ C) (Abb. 10).
4. Fehlende Kontrastmittelzeichnung der Wurzelanteile innerhalb und außerhalb des Duralsackes. Duralsack ist häufig erweitert, so daß die Wurzelzeichnung vom Kontrastmittel zugedeckt wird (Typ D) (Abb. 11).

3. Impressionen der Dura um die Wurzelabgänge

Man kann 2 Typen unterscheiden (Tab. 11):

Die Duraeindellung ohne Unterbrechung intradural gelegener Wurzelanteile tritt fast stets in Kombination mit einem peripheren Wurzelscheidenverlust auf und ist typisch für einen lateralen Vorfall. Klinisch neurologisch ist meist nur die außerhalb des Duralsackes komprimierte Wurzel betroffen.

Der Einbruch in die Duralwand mit Unterbrechung intradural gelegener Wurzelanteile ist typisch für paramediane und mediale Vorfälle. Klinisch neurologisch sind oft sämtliche im Kontrastmittelbild unterbrochenen Wurzeln mit Reiz- oder Ausfallserscheinungen beteiligt.

Die 3 bisher vorgestellten Charakteristika zeichnen sich in ihren Ausprägungen durch Kontrastmitteldefekte aus. Der Prolaps bildet sich durch solche Aussparungen direkt ab.

4. und 5. Richtung und Verlauf der Nervenwurzeln

LACHAPELE hat 1939 auf den halbschrägen Aufnahmen der Lendenwirbelsäule die Projektion des Lendenwirbels in der Konfiguration eines Hundes beschrieben.

Dabei entspricht der obere Gelenkfortsatz dem Ohr, die knöcherne Bogenwurzel dem Auge, der Querfortsatz der Schnauze, die Interartikularportion dem Hals und der Wirbelbogen dem Hundekörper (siehe Abb. 4 und 12). Normalerweise verläuft eine untere Lumbalwurzel über den Hals des Hundes (Interartikularportion), um das Auge (knöcherne Bogenwurzel) in Richtung unter die Schnauze (Querfortsatz).

Besteht ein Bandscheibenvorfall, kann die Nervenwurzel abgedrängt werden. Die ursprüngliche Konkavität zur knöchernen Bogenwurzel kann verstärkt werden oder sich in eine Streckung bzw. Konvexität ändern (Abb. 13).

Die entsprechende Verlaufsrichtung für die Wurzel S 1 zielt medial des Zwischenwirbelgelenkes L 5/S I in konkaver Krümmung zu diesem auf das Foramen sacrale I. Besteht ein lumbosakraler Bandscheibenvorfall, kann sich die Wurzel strecken und medial am Foramen sacrale I vorbeiziehen (Abb. 10).

Diese beiden Kriterien waren in 2 Fällen einziger Hinweis auf eine Wurzelkompression (Tab. 12).

6. Vorwölbung im Profilbild (Seitenaufnahme)

Normalerweise wölbt sich die Zwischenwirbelscheibe im Profilbild mehr oder weniger stark gegen den Duralsack vor. Die Unterschiede der Vorwölbung in verschiedenen Etagen sind sehr gering.

Bestehen isolierte stärkere Vorwölbungen, können diese einem Bandscheibenvorfall entsprechen, sofern der neurologische Befund auf eine Wurzelkompression hinweist (Tab. 13). Meistens ist auf den Halbschrägaufnahmen ein entsprechendes Korrelat vorhanden. Indessen ist auf folgenden Fall hinzuweisen, der eine Ausnahme darstellt (Abb. 14):

17 jähriger Patient. Schmerzen im linken Bein bis zur Wade. Neurologisch Lasègue links positiv bei 30 Grad. Parese der Fußheber. Reflexe seitengleich. Sensibilität o. B.

Myelographisch im halbschrägen Bild Wurzelscheidenverlust und Fehlen des medialen Dreiecks der Wurzel L 5 in Höhe L 4/5.

Keine Veränderungen in Höhe L 3/4.

Auf der Profilaufnahme starke Bandscheibenprotrusionen in Höhe L 4/5 und L 3/4.

Operativ mittelgroßer Bandscheibenvorfall L 4/5 links lateral und starker Bandscheibenvorfall L 3/4 links paramedian.

Eine isolierte Vorwölbung auf der Seitenaufnahme kann auch das Substrat einer Bandscheibenprotrusion mit noch weitgehend intaktem Anulus fibrosus darstellen. Erst bei weiter fortschreitender Degeneration können die äußeren Lamellen des Anulus fibrosus durch den Quelldruck des Nucleus pulposus auseinander gesprengt werden. Spätestens zu diesem Zeitpunkt kann das sequestrierte Bandscheibenmaterial auch neurologische Reiz- und Ausfallserscheinungen hervorrufen (Abb. 15).

Wegen der gelegentlichen Unsicherheit der Bedeutung einer isolierten Bandscheibenvorwölbung im Profilbild wird eine Funktionsmyelographie in maximaler Beugung und Streckung der Lendenwirbelsäule empfohlen. Ein fixierter Prolaps soll eine weitgehende Formkonstanz der Impression aufweisen (ORTNER und Mitarbeiter 1971, STEINBECK 1974). Eigene Erfahrungen fehlen.

7. Zeichen der Sequesterluxation

Die Luxation eines Bandscheibensequesters nach cranial oder caudal kann das intraoperative Auffinden erheblich erschweren (BRUSSATIS und STEEGER 1974). Als Hinweiszeichen für einen dislozierten Prolaps wurde bereits die Eindellung des Dural-sackes und des intraduralen Wurzelanteiles cranial der Bandscheibe erwähnt. Als Bezugspunkte zur Lokalisation des dislozierten Prolapses bieten sich die kleinen Wirbelgelenke an, deren horizontale Mitte etwa der Höhe der Bandscheibe entspricht. Die Höhendagnostik an Hand der Zwischenwirbelräume ist in ihrer Aussagefähigkeit auf den halbschrägen Aufnahmen durch die Lendenlordose eingeschränkt (Abb. 16). Die Zwischen-

wirbelräume können sich jedoch zur Beurteilung eines luxierten Sequesters im Profilbild eignen, wenn die Vorwölbung der Bandscheibe weit über das Niveau des Wirbelkörpers hinausragt und einen zapfenförmigen Ausläufer zwischen Wirbelkörperhinterwand und die Kontrastmittelsäule schiebt (DEL BUONO 1957) (Abb. 17).

Ich fand Sequesterluxationszeichen bei 46 Patienten (23 %) (Tab. 14 - 16).

Ein nach kaudal luxierender Sequester kann das nächstfolgende Foramen intervertebrale erreichen. An Hand der Myelogramme kann die Operation die Foramenerweiterung notwendig machen (Abb. 18).

An Hand der zur Verfügung stehenden Myelogramme soll eine gewisse Schematik der gefundenen Veränderungen aufgestellt werden, die an Hand bestimmter Beispiele gebracht wird. Dabei ist die periphere Wurzel selbst, das mediale Dreieck und der Dura-schlauch im Hinblick auf Kompressionserscheinungen zu betrachten. Die Verhältnisse im peripheren Wurzelbereich sowie am medialen Dreieck verlangen besondere Aufmerksamkeit, da geringe Veränderungen hier übersehen werden können. Im einzelnen unterscheide ich die folgenden Kompressionstypen, wobei der horizontale Pfeil auf einer Zeichnung jeweils die Höhe des Bandscheibenvorfalles wiedergibt (Abb. 19 - 32). Die Häufigkeiten der myelographischen Kompressionstypen im Vergleich mit ihren intraoperativen Korrelaten auf der Horizontalachse sind in den Tabellen 17 und 18 aufgelistet.

Typen der Kontrastmittelaussparung

- A Isolierte spindelförmige Wurzelverbreiterung (Abb. 19)
- B Teilweiser peripherer Wurzelscheidenverlust; mediales Dreieck und ein Teil der medialen Wurzelscheide bleibt erhalten; Wurzelendstrecke häufig verbreitert (Abb. 20)
- C Verlust der peripheren Wurzelscheide direkt am Übergang zum medialen Dreieck, welches voll erhalten bleibt; Wurzelendstrecke häufig verbreitert (Abb. 21)
- D Verlust der peripheren Wurzelscheide direkt am Übergang zum medialen Dreieck, welches deformiert ist; Wurzelendstrecke häufig verbreitert (ohne Abb.)
- E Peripherer Wurzelscheidenverlust; mediales Dreieck ist im Volumen vermindert (Abb. 22)
- F Peripherer Wurzelscheidenverlust; mediales Dreieck fehlt (Abb. 23)
- G Eindellung der Dura und der Wurzelscheide an der cranialen Übergangsstelle Dura - periphere Wurzelscheide (Abb. 24)
- H Eindellung des Duralsackes und des intraduralen Wurzelanteiles cranial der Bandscheibe (Abb. 25)
- I Eindellung des Duralsackes caudal des Dreiecks; mediales Dreieck bleibt erhalten; teilweise peripherer Wurzelscheidenverlust; Wurzelendstrecke häufig verbreitert (Abb. 26)
- J Eindellung des Duralsackes caudal des Dreiecks; mediales Dreieck ist deformiert; teilweise peripherer Wurzelscheidenverlust; Wurzelendstrecke häufig verbreitert (ohne Abb.)
- K Eindellung des Duralsackes caudal des Dreiecks; mediales Dreieck ist im Volumen vermindert; teilweise peripherer Wurzelscheidenverlust; Wurzelendstrecke häufig verbreitert (ohne Abb.)

- L Eindellung des Duralsackes auf einer Höhe des Wurzelaustrittes oder caudal davon; mediales Dreieck fehlt; Wurzelendstrecke häufig verbreitert (Abb. 27)
- M Komplettes Fehlen der gesamten Wurzelendstrecke in Bandscheibenhöhe; Unterbrechung einer weiteren Wurzel intradural bei leichtem Einbruch in die Duralwand (Abb. 28)
- N Komplettes Fehlen der gesamten Wurzelendstrecke in Bandscheibenhöhe; zusätzlich Unterbrechung mehrerer Wurzeln intradural bei hochgradigem Einbruch in die Duralwand (Abb. 29)
- O Komplette Unterbrechung aller Wurzeln innerhalb der Dura über eine begrenzte Strecke (Abb. 30)
- P Abbruch aller Wurzeln bei totalem Kontrastmittelstopp intradural (Abb. 31)

Zusätzlich war ich gehalten, einige Sonderformen anzuführen:

- Q Verschmummerung des Kontrastmittelschlauches (ohne Abb.)
- R Unscharfe laterale Durakontur und Verdünnung der distalen Wurzelscheide als Folge einer periduralen Verwachsung (Abb. 32)
- S Keine Kontrastmitteldefekte; allein Abweichungen in Richtung und Verlauf der Wurzelendstrecken (ohne Abb.).
- T Keine Pathologica außer einer Vorwölbung im Profilbild (ohne Abb.)
- U Sondertyp bei einer Negativexploration (ohne Abb.)

Die isolierte spindelförmige Verbreiterung einer Wurzelscheide ist als einziger Hinweis für einen Bandscheibenvorfall selten. Der Wurzelabriß in verbreiteter und nicht verbreiteter Wurzelscheide auch in Kombination mit einer Eindellung des Duralsackes ist Hinweis für einen lateralen Prolaps. Das mediale Dreieck kann dabei vorhanden bzw. deformiert sein oder fehlen. Paramedian gelegene Diskushernien können intradural gelegene Wurzelzeichnungen unterbrechen: die Kontrastmittelsäule kann über eine bestimmte intradurale Strecke ausbleiben oder auch vollständig abbrechen. Die beiden letzteren Phänomene sind bei großen paramedianen und medialen Vorfällen zu erwarten. Eine strenge Zuordnung der Kompressionstypen zu bestimmten intraoperativen Lagen auf der Horizontalachse ist nicht möglich. In einer prospektiven Studie fanden EDGAR und PARK (1974) in 79 % Übereinstimmung zwischen myelographisch angenommener und operativ gefundener Lage ihrer Bandscheibenvorfälle. In einigen Fällen erschienen die myelographischen Deformitäten größer als die operativen Korrelate, so daß die Vorfälle myelographisch zu weit medial lokalisiert wurden. Als Gründe werden Varianten der Form des Wirbelkanals und der Ausdehnung des periduralen Fettpolsters genannt. Zur exakten präoperativen Bestimmung des Prolapses auf der Horizontalachse empfehlen die beiden Autoren deshalb die Prüfung des Lasègue'schen Zeichens mit Angabe der Schmerzlokalisation durch den Patienten.

Eine kuppelförmige, regelmäßige, glatte, cranialkonvexe Kontur kann einem Tumor entsprechen (HIGHMAN 1965). Auch ist bei einem Totalstopp an eine arachnitische Verwachsung zu denken.

Bei einem kompletten Stopp der Kontrastmittelsäule kann eine Artdiagnose der zugrundeliegenden Läsion aufgrund des Myelogrammes schwierig sein, wenn nicht in manchen Fällen sogar ganz unmöglich (WELLAUER 1961, OTTO und Mitarbeiter 1976).

Ein Abbruch des Duralsackes bei L 5/S I ohne pathologische Konturen kann einer Normvariante entsprechen, denn bei 5 % der normalen Myelogramme endet der Duralsack bereits in dieser Höhe (CRONQVIST und FUCHS 1963).

Von besonderer Bedeutung erscheint mir die Eindellung des Duralsackes und des intraduralen Wurzelanteiles cranial oder caudal der zugehörigen Zwischenwirbelscheibe, da dieses Zeichen in unserem Patientengut stets mit einer Bandscheiben-sequesterluxation nach cranial oder caudal verbunden war.

Eine unscharfe laterale Kontur des Kontrastmittelschlauches zwischen den Wirbelabgängen kann auf eine peridurale bindegewebige Verwachsung hindeuten. Sie kann einer postoperativen periduralen Verwachsung entsprechen. Die Differenzierung zwischen postoperativen narbigen Verwachsungen und Recidivprolaps kann erschwert sein.

Myelogramme mit technischen Mängeln, zumeist bedingt durch eine nicht ausreichende Kontrastmittelfüllung, können gelegentlich noch über eine "Verschummerung des Kontrastmittelschlauches" auf den Ort des Bandscheibenvorfalles hinweisen.

In zwei Fällen unseres Krankengutes fand sich der Prolaps an der so vermuteten Lokalisation.

D. Richtlinien für die Differenzierung pathologischer Formen von physiologischen Normvarianten zur Vermeidung von falsch positiven Befundungen

In den vorausgegangenen Kapiteln wurden 7 Kriterien vorgestellt, die zur Gewinnung von positiven Befundungen der veränderten Wurzelabgänge der Cauda equina dienen können; in-
dessen bestehen verschiedene Fehlermöglichkeiten, wenn man nicht die physiologischerweise verschiedene Darstellbarkeit der Wurzelabgänge in Betracht zieht (Abb. 9):

Fehldiagnose eines isolierten Wurzelscheidenabrisses bei physiologischerweise nicht darstellbaren Wurzelscheiden beider Nachbarwurzeln (Typ B des Nervenbaumes).

Fehldiagnose eines isolierten fehlenden medialen Dreiecks bei physiologischerweise nicht darstellbaren medialen Dreiecken beider Nachbarwurzeln (Typ C des Nervenbaumes).

Die Tatsache des nicht dargestellten medialen Dreiecks einer Wurzel kann absolut gesehen normal sein, relativ, im Vergleich mit den Nachbarwurzeln festgestellt, ist sie jedoch stets als kompressionsbedingt zu werten.

Bei einer Bewertung dieser Auffälligkeiten sind deshalb immer Vergleiche mit den Nachbarwurzeln notwendig.

Die Gefahren, Fehldiagnosen zu erstellen, lassen auch den Blick auf die verschiedenen Normvarianten der Wurzelabgänge richten, wie sie von SALAMON 1966 herausgestellt wurden (Abb. 33):

Bei der ersten Säule ist ein Formunterschied der supraradikulären Wurzelscheiden zu erkennen. Die zweite Säule bringt zusätzlich eine Verkürzung der supraradikulären Wurzelscheide im oberen Anteil des Bildes. Hier könnte fälschlicherweise ein Prolaps angenommen werden, wenn nicht die normale Form des medialen Dreieckes und das Fehlen einer Duraimpression berücksichtigt würden.

Die dritte Säule stellt eine von mir nicht beobachtete Variante des Wurzelabganges dar (supraradikuläre Wurzelscheide in Form eines Golfschlägers mit Scheinknick der abgehenden Wurzel).

Die vierte Säule zeigt jeweils 2 gemeinsam austretende Nervenwurzeln in einem Wurzelabgang; die sensible dorsale und motorische ventrale Wurzel verlaufen getrennt. Diese Variante konnte ich mehrmals beobachten (Abb. 34).

Gelegentlich kann diese Normvariante an die pathologische Anpressung einer Wurzel an die andere durch einen Bandscheibenvorfall in Höhe L 5/S I erinnern. Die ursprünglich zum Zwischenwirbelgelenk L 5/S I konkav verlaufende Nervenwurzel S I wird vom Prolaps in eine konvexe Verlaufsrichtung umgebogen und damit an die Wurzel L 5 genähert (Abb. 35).

Differentialdiagnostisch ist auch an die seltene Möglichkeit einer Wurzelfehlbildung im Sinne einer Wurzeldoppelung zu denken. ETHELBERG und RIISHEDDE haben 1952 verschiedene Fehlformen der Wurzel beschrieben. Zwei verschiedene Wurzeln (z. B. L 5 und S I) mit verschiedenen Erfolgsorten können statt durch 2 verschiedene Foramina intervertebralia den Spinalkanal gemeinsam durch ein Foramen intervertebrale verlassen, wodurch es zur relativen Raumnot mit Wurzeleinengung kommen kann.

IV. Vergleichende Ergebnisse

A. Treffsicherheit der Myelogramme

Zunächst habe ich eine Aufstellung der bisherigen, in den Krankengeschichten seinerzeit präoperativ niedergelegten Befunddokumentationen der Myelogramme von 204 Patienten angefertigt und diese mit den jeweiligen Operationsbefunden verglichen (Tab. 7). Diese Patienten wurden zum ersten Mal wegen eines Bandscheibenvorfalles operiert. Der Bandscheibenvorfall stellte die einzige Ursache der Wurzelkompression dar. Bei der Überprüfung waren die von BRUSSATIS (1960) und WELLAUER (1961) geschilderten Zeichen des Wurzelscheidenabrisses und der Duraimpression maßgebend. Dabei ergab sich bei Übereinstimmung in 189 von 204 Fällen eine Treffsicherheit von über 90 %.

Neuerlich wurden sämtliche Fälle nach den obengenannten 7 strengen Kriterien nochmals durchgesehen. Dabei ergaben sich gegenüber den früheren Befunden Diskrepanzen bei 19 Fällen, wobei nachträglich jetzt eine Befundkorrektur in 11 Fällen erfolgen konnte. In vier Fällen wurde erneut eine falsche Beurteilung im Myelogramm gegeben. 4 zuvor richtig interpretierte Fälle wurden jetzt falsch interpretiert (Tab. 19 - 21). Indessen ist darauf hinzuweisen, daß in einzelnen Fällen der Befund vorsichtshalber als "fraglich" interpretiert wurde.

B. Treffsicherheit bei ausschließlicher Berücksichtigung klinisch neurologischer Befunde

Zur Interpretation klinisch-neurologischer Befunde ist die Kenntnis der anatomischen Lage der Nervenwurzeln zu den Bandscheiben unabdingbare Voraussetzung:

Die Nervenwurzeln verlaufen ab ihren zugehörigen Rückenmarksegmenten innerhalb des Subarachnoidalraums des Duralsackes als Vorder- und Hinterwurzel getrennt zu den Öffnungen in die Foramina intervertebralia, wo sich beide Wurzeln zu den Spinalnerven vereinigen. Die extradurale Verlaufsrichtung der Spinalnerven geht nach lateral, caudal und ventral. In Überstreckung der Wirbelsäule sind die Wurzeln erschlafft, in Hyperflexion geradlinig und angespannt (SALAMON 1966).

Legt man auf Bandscheibenhöhe einen Schnitt durch den Duralsack (Abb. 36), so stößt man ventral lateral, unmittelbar dorsal der Bandscheibe, zunächst auf die Nervenwurzeln, die den Spinalkanal als nächste verlassen werden, weiter dorsal und medial auf die folgenden. SALAMON (1966) schreibt: "Die Wurzeln sind in einem Bogen eines nach vorn geöffneten Kreises angeordnet; die Wurzeln, die den Duralsack zuerst verlassen, sind die Außenpunkte des Halbkreises".

Bei diesem Schnitt findet man außerhalb des Wirbelkanals, von den Wurzeln des Duralsacks isoliert, die bereits vorher ausgetretenen Nervenwurzeln in den beiden Spinalnerven. Bezüglich der Wurzelabgänge aus dem Duralsack ist jede Nervenwurzel der knöchernen Bogenwurzel des gleichnamigen Wirbels zugeordnet (Abb. 12). "Jede Nervenwurzel, die gerade den Duralsack verläßt, beschreibt eine bogenförmige Krümmung, als wäre sie über eine Rolle gespannt, die die knöcherne Bogenwurzel des gleichnamigen Wirbelkörpers darstellt" (SALAMON 1966)

Das Austreten der Nervenwurzeln aus dem Duralsack findet statt:

L 2: auf halber Höhe des 2. Lendenwirbels

L 3: am Übergang vom oberen zum mittleren Drittel der Höhe des 3. Lendenwirbels

L 4: am Übergang vom oberen zum zweitoberen Viertel der Höhe des 4. Lendenwirbels

L 5: am Übergang vom oberen zum zweitoberen Fünftel der Höhe des 5. Lendenwirbels

S I: teils auf der Höhe der Bandscheibe L 5/S I, teils einige Millimeter darunter.

Wenn der Duralsack weiter caudal in Höhe der Bandscheibe S 2/3 endet (meistens endet der Duralsack in Höhe S I/2), so findet auch der Wurzelaustritt aus der Dura etwas tiefer statt (Abb. 12). Für die neurologische Symptomatik ist es gleichgültig, ob eine Nervenwurzel intra- oder extradural von einer Bandscheibe komprimiert wird (Abb. 36).

Um beispielsweise die Wurzel L 5 zu komprimieren, stehen einem Bandscheibenvorfall verschiedene anatomische Zugangswege offen (Abb. 37 und 39):

1. Kompression in Höhe der Bandscheibe L 4/5 lateral, wo die Wurzel L 5 den Außenpunkt der innerhalb des Duralsacks im Halbkreis angeordneten Wurzel darstellt (Abb. 36).
2. Kompression eine Etage höher in Höhe der Bandscheibe L 3/4 paramedian, wo die Wurzel L 5 weiter im Zentrum des Wurzelhalbkreises liegt.
3. Kompression eine Etage tiefer in Höhe der Bandscheibe L 5/S I weit lateral, wo die Wurzel L 5 schon außerhalb des Wirbelkanals vom Duralsack getrennt als Spinalnerv verläuft (DUBS 1948).
4. und 5. Neben der Kompression in Höhe der Bandscheiben selbst können in den Wirbelkanal oder in die Foramina intervertebralia luxierte Sequester die Nervenwurzeln auch auf Höhe der Wirbelkörper cranial oder caudal der Bandscheibe komprimieren. KRAYENBÜHL (1953) ist der Auffassung, daß hier die Ausweichmöglichkeiten für den Nerven sehr gering sind, so daß es schon bei kleinen Hernien zu starken radikulären Ausfallssymptomen kommen kann.

Bei einem neurologischen Mischbild aus den Wurzeln L 5 und S I ergeben sich an Hand unserer Feststellungen die folgenden wichtigsten Lokalisationsmöglichkeiten von Bandscheibenvorfällen (Abb. 38 und 39):

1. 2 Vorfälle der Bandscheiben L 4/5 und L 5/S I lateral
2. Vorfall der Bandscheibe L 4/5 lateral und paramedian; die laterale Komponente des Vorfalls schädigt die Wurzel L 5, die paramediane die Wurzel S I.
3. Vorfall der Bandscheiben L 5/S I lateral und extrem lateral; die laterale Komponente schädigt innerhalb des Wirbelkanals die Wurzel S I, die extrem laterale Komponente außerhalb den Spinalnerven L 5.
4. Vorfall der Bandscheibe L 5/S I lateral, der im Spinalkanal nach cranial zum Ausgang des Foramen intervertebrale L 5/S I in Höhe der Bogenwurzel des Lendenwirbels 5 luxiert ist in den Winkel zwischen gerade abgegangener Wurzel L 5 und der anschließend folgenden Wurzel S I.
5. Vorfall der Bandscheibe L 4/5 lateral, der im Spinalkanal nach caudal zum Eingang des Foramen intervertebrale L 5/S I luxiert ist und auf die Wurzeln L 5 und S I gleichzeitig Druck ausübt.

Vorbemerkungen zum Zustandekommen der neurologischen Befunde

1. Ein Bandscheibenvorfall, der sich oft über mehrere Jahre hinzieht, kann sein Erscheinungsbild spontan als auch unter konservativer Therapie intermittierend ändern, worauf auch DEL BUONO (1957) hinweist.

HENSSGE (1977) diskutiert folgende Mechanismen:

- a) Theorie der recidivierenden Protrusion: Die klinisch-neurologische Symptomatik zeigt sich nur dann, wenn der Nucleus pulposus gerade wieder über genügend "Sprengkraft" verfügt. Das physiologische Korrelat dieser "Sprengkraft" ist der Hydratationszustand.
- b) Eine über eine Protrusionskuppe gespannte Wurzel kann sich durch Abrutschen nach den Seiten auch wieder einmal "entspannen".
- c) Das langsamere Verdämmern einer neurologischen Symptomatik kann der Schrumpfung eines Prolapses oder Protrusionskernes zugeordnet werden, eine Situation, wie sie auch mit dem "Verblühen" des Bandscheibenprolapses treffend bezeichnet wird.
- d) Außerdem sind weitere Schwellungs- und Stauungszustände sowie deren Rückbildungszustände im periradikulären Bereich denkbar.

Wenn mehrere Bandscheiben degenerieren, können gelegentlich zum Zeitpunkt der Operation in den Anfangsstadien der Progression (klinisch stumme), im "Blütestadium" (klinisch manifeste) und in den Endstadien der Regression (klinisch stumme) befindliche Vorfälle gleichzeitig bestehen.

In den Myelogrammen zeigen sich die Vorfälle oft über mehrere Stadien. So kann es sein, daß nach operativer Entfernung eines manifesten Bandscheibenvorfalles der Bandscheibe A mit anschließender Beschwerdefreiheit sich später wieder Beschwerden einstellen mit anderer Wurzelsymptomatik, die auf eine Neumanifestation eines zum Zeitpunkt der Operation latenten Bandscheibenvorfalles der Bandscheibe B zurückzuführen sind (Abb. 15).

Verwendet man in diesem Fall nur die Befunde von dem Zeitpunkt der Operation, so kann man möglicherweise an Hand einer monoradikulären Symptomatik eindeutig eine bestimmte Bandscheibe festlegen (Bandscheibe A).

Sammelt man andererseits Befunde über einen größeren Zeitraum (in diesem Fall auch noch die neurologischen Befunde nach der Operation), so findet man oft eine Symptomatik, die von mehreren Bandscheiben hervorgerufen sein kann (im obigen Fall Mischsymptomatik der Bandscheibe A und B), so daß eine Festlegung auf eine bestimmte Bandscheibe oft nicht mehr möglich ist. In unserem Krankengut wurden alle in den Unterlagen jemals schriftlich fixierten Befunde mitberücksichtigt, darunter auch Einweisungs- und Konsiliarbefunde anderer Ärzte.

2. Viele Angaben in den Krankengeschichten wurden sehr vorsichtig formuliert, z. B. fragliche ..., angedeutete..., diskrete.... Um möglichst viele Angaben zu erhalten, habe ich auch diese "Befunde" mitberücksichtigt.

3. Oft wurde schon sehr früh die routinemäßige Myelographie durchgeführt. Wenn deren Ergebnis eindeutig ausfiel, wurde auf eine nochmalige Überprüfung des klinischen Befundes oft verzichtet.

4. Ich habe in allen Fällen versucht, auch die subjektiven Angaben über Schmerzen und Parästhesien höhendiagnostisch mitzuverwerten. Da die Angaben zu deren Qualität oft fehlten, konnten Schmerzen und Parästhesien nicht immer als radikulär oder pseudoradikulär bedingt differenziert werden.

Da Schmerzen und Parästhesien in jedem Fall Frühsymptome einer radikulären Schädigung darstellen können, die Operation aber meist später stattfand, gehe ich davon aus, daß sich in allen Fällen zwischenzeitlich radikuläre Schmerzkomponten entwickeln konnten.

Dennoch ist nicht auszuschließen, daß gleichzeitige pseudoradikuläre Beschwerden, welche radikuläre Beschwerden einer weiteren Nervenwurzel imitierten, als radikuläre Beschwerden dieser vermeintlichen Wurzel fehlgedeutet wurden.

Höhendiagnostik an Hand neurologischer Befunde

Fragestellung:

Mit welcher Sicherheit kann man präoperativ an Hand neurologischer Symptome einer bestimmten Nervenwurzel ohne weitere Hilfsmittel die verursachende Bandscheibe diagnostizieren?

Prämissen:

Die landläufige Vorstellung nimmt beim L 4 Wurzelsyndrom die Bandscheibe L 3/4, beim L 5 Wurzelsyndrom die Bandscheibe L 4/5 und beim S I Wurzelsyndrom die Bandscheibe L 5/S I an. Nach der obigen Beschreibung der Kompressionsorte und deren neurologischer Beteiligung ist bei der landläufigen Vorstellung der laterale Bandscheibenvorfall zu unterstellen, der nur die äußerste der im Halbkreis angeordneten Wurzeln komprimiert.

Da die überwältigende Mehrheit aller Prolapse tatsächlich an dieser Stelle liegen soll, nehme ich in der präoperativen Diagnostik ausschließlich diesen Fall und damit die landläufige Vorstellung an. Da Mischbilder aus mehreren Wurzeln zu dieser Prolapslage nicht dazugehören, scheiden sie für eine Zuordnung aus.

Da ein neurologisches Mischbild, hervorgerufen durch mehrere laterale Vorfälle in mehreren Etagen gleichzeitig, mit neurologischen Methoden allein nicht als Mischbild mit mehreren Entstehungsorten zu identifizieren ist, kann hier keine exakte Höhenlokalisation erfolgen.

Ich gehe davon aus, daß jeder Bandscheibenvorfall eine Wurzelkompression mit voll ausgeprägter klinischer Symptomatik hervorruft; eine Ausnahme bilden die Bandscheibenvorfälle bei 4 Patienten in einem frühen Stadium der Erkrankung. Als einziges Höhenkriterium bieten diese Patienten einen positiven Lasègue; die Ischiasbeschwerden beziehen sich noch nicht eindeutig auf ein bestimmtes Dermatom.

Procedere:

Die durch die neurologische Untersuchung präoperativ gewonnenen Symptome werden nach Wurzeln geordnet und ausgezählt (Tab. 22). Ich fand:

L 5 Syndrome: 41, Zuordnung zu der Bandscheibe L 4/5: 41
S I Syndrome: 73, Zuordnung zu der Bandscheibe L 5/S I: 73
L 4 + L 5 Syndrome: 3, Zuordnung wird nicht durchgeführt
L 5 + S I Syndrome: 72, Zuordnung wird nicht durchgeführt
S I + S 2 Syndrome: 4, Zuordnung wird nicht durchgeführt
L 4 + S I Syndrome: 4, Zuordnung wird nicht durchgeführt
L 4 - S I Syndrome: 4, Zuordnung wird nicht durchgeführt
L 5 - S 2 Syndrome: 1, Zuordnung wird nicht durchgeführt
S I - S 5 Syndrome: 3, Zuordnung wird nicht durchgeführt
L 4 - S 2 Syndrome: 1, Zuordnung wird nicht durchgeführt

noch wenig ausgeprägtes neurologisches Bild bei Patienten mit kurzer Krankheitsdauer: 4, Zuordnung wird nicht durchgeführt; Angaben fehlen: 1, Zuordnung wird nicht durchgeführt.

Die 114 angenommenen Bandscheibenvorfalllokalisationen werden mit den Operationsberichten verglichen.

Ergebnisse:

Von einem Treffer spreche ich, wenn die angenommene und intraoperativ positiv explorierte Bandscheibe übereinstimmen, von einem Falschtreffer, wenn der Prolaps operativ in einer anderen Etage gefunden wird als präoperativ angenommen oder wenn kein Prolaps gefunden wird:

41 angenommene Bandscheibenvorfälle L 4/5:

37 positiv expl. BS L 4/5: 37 Treffer

1 positiv expl. BS L 5/S I: 1 Falschtreffer

3 Negativexplorationen: 3 Falschtreffer

73 angenommene Bandscheibenvorfälle L 5/ S I:

68 positiv expl. BS L 5/ S I: 68 Treffer

5 positiv expl. BS L 4/5: 5 Falschtreffer

Die Restgruppe zählt 97 Patienten: 92 neurologische Mischbilder, 4 Frühstadien der Erkrankung, 1 mal fehlende klinische Angaben.

Gesamtergebnis:

105 Treffer, 9 Falschtreffer (97 Patienten der Restgruppe).

Die Treffsicherheit für ein monoradikuläres Wurzelsyndrom allein beträgt somit $\frac{105}{114} = 92,1 \%$, indessen in Bezug auf die Gesamtzahl der Patienten $\frac{105}{211} = 49,8 \%$.

Sie entspricht etwa derjenigen anderer Autoren (SCHLEGEL 1968, REICHEL 1973, SCHUH 1974). Insgesamt gesehen steht das Ergebnis der klinischen Untersuchung in Bezug auf die richtige Höhenlokalisation hinter der Treffsicherheit der myelographischen Höhenlokalisationsdiagnostik zurück (ZUMSANDE 1963).

C. Treffsicherheit bei gemeinsamer Berücksichtigung
klinisch-neurologischer und myelographischer Befundungen

In zwei getrennten Kapiteln wurden die Treffsicherheiten der klinisch-neurologischen Untersuchung ohne Zuhilfenahme der Myelogramme und die der Myelogramme ohne Zuhilfenahme der klinisch-neurologischen Untersuchung erörtert.

In Wirklichkeit wurden präoperativ aber stets sowohl die klinisch-neurologische Untersuchung als auch die Myelogramme gemeinsam und in gegenseitigem Bezug aufeinander berücksichtigt.

Dies hat folgende Vorteile:

Nur durch die Myelographie kann man den Ort der Schädigung der klinisch identifizierten Nervenwurzel genau lokalisieren:

Bsp.: NOV., Francesca

klin.: L 5 Syndrom, myel.: Bandscheibe L 5/S I, klin. + myel.: Verdacht auf extrem laterale Kompression der Wurzel L 5 in Höhe L 5/S I, intraop.: Bandscheibensequester L 5/S I extrem lateral und etwas cranial.

Myelographische Hinweise auf einen Prolaps können nur durch die klinische Untersuchung als für das Beschwerdebild verantwortlich (klinisch manifest) oder als nicht dafür verantwortlich (klinisch stumm) richtig interpretiert werden:

Bsp.: EIM., Franz

klin.: S I Syndrom, myel.: Bandscheiben L 4/5 + L 5/S I, klin. + myel.: Verdacht auf laterale Kompression der Wurzel

S I in Höhe der Bandscheibe L 5/S I, Verdacht auf "stummen" Bandscheibenvorfall L 4/5, intraoperativ: negativ L 4/5, positiv L 5/S I: großer lateraler mit der Wurzel S I verbackener Sequester.

In der Gruppe der manifesten Bandscheibenvorfälle konnte ich auch bei nicht aussagefähiger neurologischer Mischsymptomatik durch Interpretation der Myelogramme bis auf einen Patienten den Bandscheibenvorfall richtig lokalisieren (Tab. 19):

Bsp.: KÜH., Anna

klin.: L 5 + S I Syndrom, myel.: Bandscheiben L 4/5 + L 5/ S I, klin. + myel.: Verdacht auf 2 laterale Vorfälle L 4/5 und L 5/S I, intraop.: negativ L 4/5: klinisch stumme Bandscheibenprotrusion, positiv L 5/S I: multiple Sequester, die lateral die Wurzel S I und weiter medial cranial die Wurzel L 5 tangieren.

Nach derselben Interpretation führte meine Lokalisationsdiagnostik in der Gruppe der Negativexplorationen bei 6 Fällen zu einer Fehlinterpretation.

Vor einer ausschließlichen Operationsindikationsstellung an Hand der Myelogramme ohne entsprechendes Beschwerdebild bzw. klinisch-neurologisches Korrelat ist zu warnen, da die Möglichkeit von "abnormen Myelogrammen bei asymptomatischen Patienten" besteht. Bei der Kontrastdarstellung der Cisterna cerebellomedullaris zur Diagnostik eines Akustikusneurinoms sinkt ein hyperbares Kontrastmittel bei entsprechender Lagerung des Patienten nach caudal in den Duralsack ab. So

lassen sich zusätzliche radiologische Aussagen über den cervikalen und lumbalen Subarachnoidalraum machen.

HITSLSBERGER und WITTEN (1968), die die oben beschriebene Untersuchung mit dem positiven Kontrastmittel Iophendylate durchführten, brachten ein Krankengut von 300 Patienten mit cervikalen oder lumbalen abnormen Myelogrammen zusammen. Nach Aussonderung derjenigen Patienten, die jemals eine Rückenverletzung oder Rückenschmerzen in der Anamnese angaben, verblieben 71 "asymptomatische Patienten mit abnormen lumbalen Myelogrammen" (23 % ihres Gesamtkollektivs). Die myelographischen Veränderungen reichten vom einfachen Wurzelscheidenabriß bis zur vollständigen Unterbrechung des Kontrastmittelschlauches über eine begrenzte Strecke.

Waren diese Veränderungen als prolapsbedingt anzusehen? Ja!

MC RAE (1956) fand bei Untersuchungen an Leichenwirbelsäulen in 39 % cervikale oder lumbale Diskusprotrusionen. Es handelte sich ebenfalls ausschließlich um zu Lebzeiten "asymptomatische Patienten".

In der Gruppe unserer konservativ behandelten Patienten finden sich ebenfalls viele Patienten mit ausgeprägten myelographischen Veränderungen. Einige dieser Patienten wurden nach einer gewissen Zeit auch ohne Operation wieder völlig beschwerdefrei. Kontrollmyelographien zum Zeitpunkt der wiedergewonnenen Beschwerdefreiheit wurden bei diesen Patienten nicht durchgeführt.

Aus diesen Fakten kann man folgende Schlußfolgerungen zur Bewertung von myelographischen Veränderungen ziehen:

1. Etwa 23 % der Bevölkerung haben "pathologische" Veränderungen der lumbalen Myelogramme ohne klinische Symptomatik. Die Patienten sind daher nicht operationsbedürftig.
2. Man kann sich vorstellen, daß durch das gleichzeitige Zusammentreffen ungünstiger Umstände (operationsbedürftiger, klinisch manifester Bandscheibenvorfall in der "verborgenen Zone" der Bandscheibe A, der sich myelographisch nicht darstellt und nicht operationsbedürftiger, klinisch stummer Bandscheibenvorfall der Bandscheibe B, der sich myelographisch gut darstellt) durch das ausschließliche Zugrundelegen des myelographischen Befundes auch einmal die falsche Bandscheibe exploriert werden kann.

V. Diskussion

Die Anzahl der Myelogramme mit auf einzelnen Etagen fehlgedeuteten Befunden lag bei der ursprünglichen, präoperativen Auswertung des Krankengutes der Orthopädischen Universitätsklinik Mainz bei 7,4 %. Diese war Anlaß für eine Reinterpretation der Myelogramme, um aus den "Fehlern" zu lernen.

Andere Autoren nennen ähnliche Häufigkeiten, wobei die im Myelogramm nicht erkannten Vorfälle häufiger sind als fälschlich positiv interpretierte Befunde (GOTTESLEBEN und SELLE 1972, SCHUH 1974, THOMALSKE und Mitarbeiter 1977).

OTTO und Mitarbeiter (1975) kamen bei blinder Reinterpretation ohne Kenntnis der Operationsbefunde zu 20,8 % falsch negativen und nur 2 % falsch positiven Ergebnissen (N = 219).

Bei der jetzigen Beurteilung wird die Bedeutung des medialen Kontrastmitteldreiecks hervorgehoben. In Ergänzung zu den bisherigen Kriterien des Wurzelscheidendefektes und der Duraimpression tritt die Möglichkeit einer Deformierung bzw. eines Fehlens dieses Dreiecks als neuer diagnostischer Hinweis hinzu.

Hinsichtlich der Zuverlässigkeit des Myelogramms ist die Frage nach der Bedeutung des negativen Befundes hervorzuheben. Es ist davon auszugehen, daß in den meisten Fällen die Indikation zur Myelographie wegen starker Schmerzhaftig-

keit in einem Bein gestellt wird und ein entsprechender neurologischer Befund vorhanden ist. Spricht in einem solchen Fall ein negatives Myelogramm gegen das Vorliegen einer lumbalen Diskushernie?

Unter diesen Fällen kann ich derzeit keinen Fall in dem von mir untersuchten Krankengut auffinden, bei welchem nach neuerlicher Beurteilung der Myelogramme ein falsch negativer Befund vorlag. Dennoch kann eine Nichtdarstellbarkeit eines Prolapses bestehen, wenn der Prolaps weit lateral am Eingang zum Foramen intervertebrale liegt und sich der myelographischen Darstellbarkeit entzieht. In solchen Fällen endet die Wurzeltasche proximal der Kompressionsstelle, so daß das Kontrastmittel keinen Zugang zum komprimierten Wurzelanteil hat.

Ferner kann die anlagemäßig verkürzte bis fehlende Wurzeltasche die Ursache für eine nur sehr begrenzte Wurzeldarstellung sein, so daß die Kompressionsstelle der Nervenwurzel vom Kontrastmittel nicht erreicht wird.

Gelegentlich gibt es Hernien, die die Wurzelscheidenzeichnung nicht direkt abbrechen, sondern lediglich in ihrer Richtung und ihrem Verlauf ablenken. Die nach lateral gerichtete Konkavität der Krümmung im Wurzelverlauf kann dann in eine Konvexität übergehen (Abb. 40).

In dem Krankengut der Orthopädischen Klinik konnten 2 Fälle auf diese Weise nachträglich richtig interpretiert werden.

Andererseits kann ein falsch positiver Befund durch die Fehlinterpretation eines Wurzelscheidenabrisses entstehen, wenn die Länge der Wurzelscheide anlagemäßig kurz ist; es ist deshalb notwendig, die benachbarten Wurzeln ebenfalls in ihrer Länge zu vergleichen.

Abschließend bleibt festzustellen, daß die obengenannten Kriterien eine wesentliche Bereicherung der myelographischen Treffsicherheit erbracht haben.

VI. Zusammenfassung

Die lumbale Myelographie wurde durch die Verwendung wasserlöslicher Kontrastmittel zu einer aussagefähigen Routine-methode, die bei Verdacht auf Vorliegen einer lumbalen Diskushernie angezeigt ist, wenn diagnostische Schwierigkeiten bestehen oder ein operatives Behandlungsverfahren in Aussicht gestellt wird. Die Myelographie dient dann zur möglichst exakten Lokalisation der Hernie. Die Treffsicherheit der Methode wurde bei 204 operierten Patienten überprüft:

Es ergab sich in 189 Fällen (92,6 %) eine völlige Übereinstimmung zwischen präoperativer Interpretation des Myelogrammes und dem Operationsbefund.

Bei einer Reinterpretation sämtlicher mit dem Kontrastmittel Dimer X durchgeführter Myelogramme in Kenntnis der Operationsergebnisse wurde unter Berücksichtigung der anatomischen Besonderheiten im Lumbosakralbereich ein Diagnoseschema mit 7 Kriterien erarbeitet. Damit konnte die Ausbeute der richtigen Myelographiebefunde erhöht und Richtlinien für die Bewertung abgeleitet werden:

So konnten von 9 falsch negativ beurteilten Fällen alle 9 nachträglich als positiv herausgestellt werden. Von 6 falsch positiv beurteilten Myelogrammen wurden 2 Fälle nachträglich negativ interpretiert. 4 zuvor richtig negativ interpretierte Fälle wurden nachträglich als falsch herausgestellt.

Die Ausschöpfung dieser myelographischen Feinzeichen erhöht den Wert der Methodik; sie sollten als einziges Röntgensymptom jedoch nur in Verbindung mit anamnestischen Angaben und klinischen Befunden bewertet werden, um Fehldeutungen zu vermeiden.

Die hohe Treffsicherheit der myelographischen Lokalisationsdiagnostik ergibt viele Vorteile bei der Planung und Durchführung der Operation, so daß vor einer solchen diese Untersuchungsmethode durchgeführt werden sollte.

Danksagungen

Herrn Prof. Dr. med. F. Brussatis, Direktor der Orthopädischen Universitätsklinik Mainz, danke ich für die Überlassung des Themas, besonders aber für seine Anregungen und seine wissenschaftliche Führung während meiner Untersuchungen.

Ferner gilt mein Dank Herrn E. Scholtz, technischer Zeichner an der Orthopädischen Universitätsklinik Mainz, für die Anfertigung der Zeichnungen.

Literaturverzeichnis

Brussatis, F., Der Wert der Abrodilmyelographie bei der Höhendagnostik der lumbalen Diskushernie.
Verhandlungen der Deutschen Orthopädischen Gesellschaft.
48. Kongreß der Dtsch. Orthop. Gesellschaft, Berlin 1960,
Enke, Stuttgart

Brussatis, F., Steeger, D., Besonderheiten bei der Myelographie des lumbalen Bandscheibenvorfalles. Z. Orthop. 112 (1974) 807-811

Cronqvist und Fuchs, zitiert nach Thun, F., Die lumbale Dimer X Myelographie

Del Buono, M. S., Die lumbale Myelographie zur Diagnose der Diskushernie. Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin 87/3 (1957) 334-342

Dimer X. Wasserlösliches Kontrastmittel zur lumbosakralen Myelographie. Wissenschaftliche Broschüre der Firma Byk Gulden Konstanz 1978

Dubs, zitiert nach Krämer, J., Bandscheibenbedingte Erkrankungen. Thieme, Stuttgart 1978, S. 173

Edgar, M. A. und Park, W. M., Induced pain patterns on passive straight leg raising in lower lumbar disc protrusion.
Journal of bone and joint surgery 56 B, No. 4 (1974) 659-667

Eggenschwyler, H., Die Abrodilmyelographie. Röntgen- und Laboratoriumspraxis 4 (1951) 229-235

Ethelberg, S. und Riishede, J., Malformation of lumbar spine roots and sheathes in the causation of low backage and sciatica.
Journal of bone and joint surgery 34 B (1952) 342 ff

Gottesleben, A. und Selle, G., Die lumbale Radikulographie mit Dimer X. Nervenarzt 43 (1972) 646 ff

Hackenbroch, M. und Witt, A. N., Orthopädisch-chirurgischer Operationsatlas.

Band III: Wirbelsäule und Becken. Bearbeitet von F. W. Rathke und K. F. Schlegel
Thieme, Stuttgart

Henssge, J., Differentialdiagnose und rationelle Therapieansätze bei Kreuz- und Rückenschmerzen. Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Band 71: Lumbalgie und Ischialgie 1977 Seite 29 ff

Highman, J. H., Complete myelographic block in lumbar degenerative disease. Clin. Radiol. 16 (1965) 106 ff

Hitselsberger, W. E. und Witten, R. M., Abnormal myelograms in asymptomatic patients. J. Neurosurg. 28 (1968) 204-206

Krämer, J., Bandscheibenbedingte Erkrankungen. Thieme, Stuttgart 1978

Krayenbühl, H. und Zander, E., Über lumbale und cervikale Diskushernien. Documenta Rheumatologica Geigy Nr. 1, Basel 1953

Lachapele, A. P., zitiert nach Wellauer, J., Die Myelographie mit positiven Kontrastmitteln. Thieme, Stuttgart 1961, S. 16

Mac Nab, I., Negative Disc Exploration. Journal of Bone and Joint Surgery 53 A, No. 5 (1971) 891-903

Mc Rae, zitiert nach Hitselsberger, W. E. und Witten, R. M., Abnormal myelograms in asymptomatic patients. J. Neurosurg. 28 (1968) S. 204

Ortner, W. D., Über die lumbale Funktionsmyelographie mit wasserlöslichen Kontrastmitteln bei Discopathien.
Der Radiologe 12/2 (1972) 69-73

Otto, H., Strahl, E. W., Löhr, E., Grote, W., Schumacher, W., Bedeutung der lumbalen Myelographie mit Dimer X in der Diagnostik von Bandscheibenvorfällen. Dtsch. med. Wschr. 101 (1976) 1872-1876

Patrick, B. S., Extreme lateral ruptures of lumbar intervertebral discs. Surgical Neurology 3/6 (1975) 301-304

Reichel, F., Der Wert der Abrodilmyelographie bei der prä-operativen Höhendagnostik des Bandscheibenvorfalls. Beiträge zur Orthopädie und Traumatologie 20/9 (1973) 486-494

Salamon, G., Louis, R., Guerinél, G., Le fourreau dural lombo-sacré, Etude radio-anatomique. Acta radiol. (diagn.) 1966 Vol. 5, 1107-1123

Schlegel, K. F., Vergleich klinisch neurologischer, myelographischer und operativer Befunde bei lumbalen Bandscheibenschäden. Beiträge zur Orthopädie und Traumatologie 15 (1968) 181-184

Schuh, R., Zur Korrelation zwischen klinischem, myelographischem und intraoperativem Befund beim lumbalen Bandscheibensyndrom. Z. Orthop. 112 (1974) 819-820

Steinbeck, W., Die Funktionsdiagnostik bei lumbalen Myelographien. Z. Orthop. 112 (1974) 801-804

Thomalske, G., König, U. D., Mohr, G., Klinik und Ergebnisse operativer Therapie von lumbalen Bandscheibenläsionen bei 1000 Patienten unter besonderer Berücksichtigung der radikulographischen Befunde und der Operationsindikation. Therapiewoche 23 (1977) 3230-3235

Thun, F., Die lumbale Dimer X Myelographie (Ergebnisse bei 660 Untersuchungen). Röntgen bl. 27 (1974) 549-560

Wellauer, J., Die Myelographie mit positiven Kontrastmitteln. Thieme, Stuttgart 1961

Zumsande, K., Der Wert der Abrodilmyelographie bei der Höhendagnostik der lumbalen Diskushernie. Inauguraldissertation der Westf. Wilhelm Universität, Münster/W., 1963

Lebenslauf:

Ich, Peter S p i t z e r, wurde am 23. Februar 1954 als Sohn des Molkereimeisters Alfred Spitzer und seiner Gattin Mathilde Spitzer, geb. Hesch, in Kusel/Pfalz geboren.

Mein Bruder Stefan kam 1959 zur Welt.

Ab Frühjahr 1960 besuchte ich für 4 Jahre die Volksschule und wechselte nach Ostern 1964 auf das Gymnasium Kusel über.

Im Mai 1972 wurde mir das Reifezeugnis zuerkannt.

Im Wintersemester 1972/73 erhielt ich einen Studienplatz in Humanmedizin an der Mainzer Johannes Gutenberg Universität.

Die Reihenfolge der Zwischenprüfungen lautet:

Frühjahr 1975: Ärztliche Vorprüfung

Frühjahr 1976: 1. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

Sommer 1978: 2. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

Herbst 1979: 3. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

Am 26. 11. 1979 wurde mir durch das Landesamt für Jugend und Soziales in Mainz die Approbation als Arzt zuerkannt.

Anhang: Verzeichnis der Abbildungen

- Abb. 1: Aufnahmetechnik bei der lumbalen Myelographie
- Abb. 2: Normale Myelographieserie der gesunden Seite in den Aufnahmepositionen ap, 30° , 45° und seitlich
- Abb. 3: Darstellung des normalen Wurzelaustrittes mit Bildung des medialen Kontrastmitteldreiecks
- Abb. 4: Halbschräge Projektion eines Lendenwirbels mit Darstellung der Hundekonfiguration
- Abb. 5: Astverbreiterung und Astverkürzung im gleichmäßigen Ästerelief in Höhe der Bandscheibe L 5/S 1 durch lateralen Prolaps. Die Wurzel S 1 im Vergleich mit den Wurzeln L 5 und S 2 zu kurz
- Abb. 6: Innenansicht des Duralsackes: a) Schemazeichnung, b) Operationspräparat
- Abb. 7: Kontinuierliche Abnahme des medialen Dreiecks in Höhe des Bandscheibenvorfalles bei verschiedenen Patienten
- Abb. 8: Verschiedene Ausprägungen des "deformierten Dreiecks" in Höhe des Bandscheibenvorfalles bei verschiedenen Patienten: a) Kantenabrundung, b) Verbiegung
- Abb. 9: Verschiedene Darstellbarkeit der Wurzelabgänge und der medialen Dreiecke entsprechend den anatomischen Normvarianten des Wurzelaustrittes aus der Dura
- Abb. 10: Bandscheibensequester L 5/S 1 rechts paramedian. Die Wurzel s 1 eines "Baumes ohne Äste und Dreiecke" ist nicht auf das Foramen sacrale I zielgerichtet, sondern medial vorbei (= einziger Hinweis auf den Prolaps)
- Abb. 11: Weder Nervenwurzeln noch mediale Dreiecke gelangen zur Darstellung. Streckenweise totale Unterbrechung des Kontrastmittelschlauches bei großem paramedianem Sequester der Bandscheibe L 4/5

- Abb. 12: Jede Nervenwurzel ist ihrer gleichnamigen knöchernen Bogenwurzel zugeordnet; sie verläuft um diese herum wie über einer Rolle
- Abb. 13: Verschiedene Ausprägungen der Kriterien "Richtung" und "Verlauf der Wurzeln"
- Abb. 14: Beispiel unterschiedlicher Darstellbarkeit zweier Bandscheibenvorfälle in Höhe L 3/4 und L 4/5 links
- Abb. 15: Zeitliche Entwicklung eines Prolapses
- Abb. 16: "Verschiebung" der Bandscheiben im Röntgenbild durch Lendenlordose und Strahlenprojektion
- Abb. 17: Der Kontrastmitteldefekt liegt in den Halbschrägaufnahmen zwischen den kleinen Wirbelgelenken L 4/5 und L 5/S 1 = Möglichkeit eines nach caudal luxierten Sequesters der Bandscheibe L 4/5 oder eines nach cranial luxierten Sequesters der Bandscheibe L 5/S 1. Die Profilaufnahme bringt die Klärung. Zapfenförmiger Kontrastmitteldefekt zwischen Wirbelkörperhinterwand L 5 und Dura ausgehend von dem Zwischenwirbelraum L 4/5
- Abb. 18: In Richtung Foramen intervertebrale L 4/5 links luxierter Bandscheibensequester
- Abb. 19: Isolierte spindelförmige Wurzelverbreiterung
- Abb. 20: Teilweiser peripherer Wurzelscheidenverlust. Mediales Dreieck und ein Teil der medialen Wurzelscheide bleibt erhalten. Verbleibende Wurzelzeichnung leicht verbreitert
- Abb. 21: Verlust der peripheren Wurzelscheide direkt am Übergang zum medialen Dreieck, welches voll erhalten bleibt. Wurzelrest leicht verbreitert

Abb. 22: Peripherer Wurzelscheidenverlust. Verminderung des Volumens des medialen Dreiecks

Abb. 23: Peripherer Wurzelscheidenverlust. Mediales Dreieck fehlt

Abb. 24: Eindellung der Dura und der Wurzelscheide an der cranialen Übergangsstelle Dura/periphere Wurzelscheide bei erhaltenem medialem Dreieck und erhaltener peripherer Wurzelscheidenzeichnung

Abb. 25: Eindellung des Duralsackes und des intraduralen Wurzelanteils cranial der Bandscheibe bei erhaltenem medialem Dreieck und erhaltener oder leicht unterbrochener lateraler Wurzelzeichnung. Beispiel eines nach cranial luxierten Prolapses

Abb. 26: Eindellung des Duralsackes caudal des Dreiecks, mediales Dreieck bleibt erhalten, teilweise peripherer Wurzelscheidenverlust. Wurzelendstrecke häufig verbreitert. Beispiel eines nach caudal luxierten Prolapses

Abb. 27: Eindellung des Duralsackes auf der Höhe des Wurzelaustrittes und caudal davon. Mediales Dreieck fehlt. Teilweise peripherer Wurzelscheidenverlust, Wurzelendstrecke häufig verbreitert

Abb. 28: Komplettes Fehlen der gesamten Wurzelendstrecke in Bandscheibenhöhe; Unterbrechung einer weiteren Wurzel intradural bei Einbruch in die Duralsackwand

Abb. 29: Komplettes Fehlen der gesamten Wurzelendstrecke in Bandscheibenhöhe; zusätzlich Unterbrechung mehrerer Wurzeln intradural bei hochgradigem Einbruch in die Duralwand

Abb. 30: Komplette Unterbrechung aller Wurzeln innerhalb der Dura über eine begrenzte Strecke

Abb. 31: Abbruch aller Wurzeln bei totalem Kontrastmittelstopp intradural

- Abb. 32: Unscharfe laterale Durakontur. Distale Wurzelscheide verdünnt. Wurzelzeichnung etwas verbreitert.
Peridurale Narbe nach Bandscheibenprolapsentfernung
- Abb. 33: Die wesentlichen Typen der Wurzelabgänge im Lumbosakralbereich (nach SALAMON, 1966)
- Abb. 34: Beispiel einer physiologischen Wurzeldopplung L 5 bei Bandscheibenprolaps L 5/S 1
- Abb. 35: Hochdrängung der Wurzel s 1 gegen die Wurzel L 5 bei Bandscheibenvorfall L 5/S 1 (DD: Wurzeldoppelung)
- Abb. 36: Horizontalschnitt durch die Wirbelsäule in Höhe einer Bandscheibe
- Abb. 37: Mögliche Kompressionsorte der Wurzel L 5 (1 Wurzel)
- Abb. 38: Mögliche Kompressionsorte der Wurzeln L 5 und S 1 (2 Wurzeln)
- Abb. 39: Intraoperative Lagemöglichkeiten von Bandscheibenvorfällen als morphologische Substrate der myelographischen Abbildungen
- Abb. 40: Beispiel für Bandscheibenvorfall ohne Defekte des Kontrastmittelbildes. Der Prolaps biegt die nach lateral gerichtete Konkavität der Krümmung im Verlauf der Wurzel S 1 zur Konvexität um

Streustrahlenraster seitlich
Spezialfolie Rubin feinzeichnend
FD 85 - 160 cm

ap Aufnahme	62 KV	250 mAs
1. Schrägaufnahme (30 °)	65 KV	280 mAs
2. Schrägaufnahme (45 °)	65 KV	280 mAs
seitliche Aufnahme	75 KV	320 mAs

(Die Angaben gelten für einen schlanken Patienten)

Tab. 1: Lumbale Myelographie - Röntgentechnik

a) Bandscheibenvorfälle

Altersgruppe	Männer	Frauen	Gesamtzahl
10 - 19	2	3	5 (von 5 Patienten)
20 - 29	23	5	28 (" 28 ")
30 - 39	47	27	74 (" 77 ")
40 - 49	47	20	67 (" 69 ")
50 - 59	14	11	25 (" 25 ")
60 - 69	5	1	6 (" 7 ")
Gesamt	138	67	205 (" 211 ")

b) Negativexplorationen

Altersgruppe	Männer	Frauen	Gesamtzahl
30 - 39	2	1	3 (von 77 Patienten)
40 - 49	2		2 (" 69 ")
60 - 69		1	1 (" 7 ")
Gesamt	4	2	6 (" 211 ")

Tab. 2: Alters- und Geschlechtsverteilung der in der Zeit vom 1.1.71 - 31.10.76 in der Orthopädischen Universitätsklinik Mainz das 1. Mal unter dem Verdacht auf lumbalen Bandscheibenvorfall operierten Patienten

nicht luxierte Prolapse	links			rechts			zusammen
	1	p	m	m	p	1	
L 3/4	1					1	2
L 4/5	25	10	5		9	22	71
L 5/S 1	37	13		2	9	26	87
L 3/4 und L 4/5		1					1
L 4/5 und L 5/S 1	1	1				1	3
luxierte Sequester	links			rechts			zusammen
	1	p	m	m	p	1	
L 3/4	1						1
L 4/5	6	3	1		3	7	20
L 5/S 1	7	1		2	4	6	20
negativ							zusammen
							6

Definitionen:

m = medial: völlige Zudeckung durch die Dura mater. Mit Ausnahme der Massenprolapse haben die Bandscheibenvorfälle keinen Kontakt mit Wurzelscheiden oder extraduralen Wurzelanteilen

p = paramedian: zwischen medial und lateral; erstrecken sich auf Dura und Nervenwurzeln gleichzeitig

1 = lateral: deformieren nur die Wurzelscheiden, nicht die Dura (nach EDGAR und PARK, 1974)

nicht luxierter Prolaps: Prolaps am Ort

luxierter Sequester: aus einem Bandscheibenvorfall ist ein Stück herausgebrochen und innerhalb des Spinalkanals "gewandert"

Tab. 3: Höhen- und Seitenlage der Prolapse

Die Bandscheibenvorfälle untergliedern sich in

25 Protrusionen
51 Prolapse (N = 205)
126 Sequester
von 3 Operationen fehlen die Berichte

Die 41 luxierten Sequester wanderten unter dem hinteren
Längsband

18 nach cranial
15 nach caudal
8 in Richtung auf das Foramen intervertebrale

Bei 204 Patienten wurden die Vorfälle extradural,
bei 1 Patient transdural entfernt

195 Patienten mit Bandscheibenvorfällen wurden nur einseitig,
10 Patienten doppelseitig exploriert;
bei den doppelseitig explorierten Patienten wurde der Vorfall
in 6 Fällen von 1 Seite, in 4 Fällen von beiden Seiten entfernt.
Alle 6 Patienten mit negativem Operationsbefund wurden nur
einseitig exploriert.

Im einzelnen wurden die in Tabelle 5 aufgezeichneten
Bandscheibenräume exploriert:

Tab. 4: Operationsmethoden und -ergebnisse

Ø	
lux.lux.	
andscheiben	
orfall L3/4	2

Ø	
lux.lux.	
1	

L 3/4

L 4/5

Ø	
lux.lux.	
Bandscheiben-	
vorfall L 4/5	14 55

Ø		Ø	
lux.lux.		lux.lux.	
		Ø	
		lux.lux.	
3	6	1	7

L 3/4

L 4/5

L 5/S I

Ø	
lux.lux.	
Ø	
lux.lux.	
Bandscheiben-	
vorfall L 5/S I	17 74
	1

Ø		Ø	
lux.lux.		lux.lux.	
2	12	1	

L 3/4

L 4/5

L 5/S I

Ø	
lux.lux.	
Bandscheibenvorfälle	
L 3/4	1
+ L 4/5	1

L 3/4

L 4/5

Ø	
lux.lux.	
Bandscheibenvorfälle	
L 4/5	3
+ L 5/SI	3

L 4/5

L 5/S I

Ø		Ø	
lux.lux.		lux.lux.	

L 3/4

L 4/5

L 5/S I

1 5

Tab. 5: Häufigkeiten der Explorationen in den Bandscheibenräumen

Für die präoperative Beurteilung der Myelogramme standen von 211 Personen die Bilder zur Verfügung; in die umseitige Tabelle 7 wurden jedoch nur die 204 Personen aufgenommen, deren Bilder auch noch für die Reinterpretation zur Verfügung standen

	vorhandene Dimer X M.	fehlende Dimer X M.	Gesamtzahl
nicht luxierte Prolapse			
L 3/4	2		2
L 4/5	71		71
L 5/S 1	87		87
L 3/4 und L 4/5	1		1
L 4/5 und L 5/S 1	3		3
luxierte Sequester			
L 3/4	1		1
L 4/5	20		20
L 5/S 1	20		20
Negativexplorationen	6		6
	211		211

Für die Reinterpretation der Myelogramme standen von 204 Personen die Bilder zur Verfügung

	vorhandene Dimer X M.	fehlende Dimer X M.	Gesamtzahl
nicht luxierte Prolapse			
L 3/4	2		2
L 4/5	69	2	71
L 5/S 1	84	3	87
L 3/4 und L 4/5	1		1
L 4/5 und L 5/S 1	3		3
luxierte Sequester			
L 3/4	1		1
L 4/5	19	1	20
L 5/S 1	19	1	20
Negativexplorationen	6		6
	204	7	211

Tab. 6: Zur Verfügung stehende Myelogramme

an Hand der Myelogramme präoperativ angenommene Bandscheiben

204 (7)	3 L 3/4	87 (3) L 4/5	95 (4) L 5/SI	2 L 3/4 + L 4/5	4 L 4/5 + L 5/SI	1 L 3/4 + L 5/SI	12 negativ
3 L 3/4	2			1			
88 L 4/5 (3)		85 (3)					3
103 L 5/SI (4)			95 (4)		2	1	5
1 L 3/4 + L 4/5				1			
3 L 4/5 + L 5/SI		1			2		
L 3/4 + L 5/SI							
6 negativ	1	1					4

positiv explorierte Bandscheiben

189 Treffer

15 Falschtreffer

7 nicht gewertet ()

Bilder fehlten bei der Reinterpretation

Tab. 7 : Präoperative Treffsicherheit
der Myelogramme durch Gegen-
überstellung von ursprünglichen
Myelographiebefunden und Opera-
tionsbefunden

explorierte Bandscheibe	Fall- zahl	Operationsbefund		myelographischer Befund	Tab. 8: Fehler der ursprünglichen myelographischen Beurteilung
		+	./.		
L 3/4	2	2		2	
L 4/5	68 (1)	68 (1)		67 (1)	1 falsch ./.. L 4/5 Nr. 6
L 5/S I	88 (3)	88 (3)		85 (3)	3 falsch ./.. L 5/S I Nr. 11, 16, 19
L 3/4 + L 4/5	8 (1) 2	1	8 L 3/4 (1) L 3/4 1 L 4/5	7 (1) 1	1 falsch ./.. L 4/5 Nr. 5 1 falsch + L 4/5 Nr. 1
L 4/5 + L 5/S I	24 (2)		7 L 5/S I (1) L 5/S I 13 L 4/5	6 (1) 9	1 falsch ./.. L 4/5 Nr. 15 1 falsch ./.. L 5/S I Nr. 9 1 falsch + L 4/5 Nr. 12 1 falsch + L 4/5 Nr. 2
L 3/4 + L 5/S I	1	3	(1) L 4/5 1 L 4/5 + L 5/S I	1 (1) 2 1	1 falsch ./.. L 5/S I Nr. 13
L 3/4 + L 4/5 + L 5/S I	11		1 L 3/4	1	1 falsch + L 3/4 Nr. 18
			5 L 3/4 + L 5/S I 1 L 3/4 + L 4/5 5 L 3/4 + L 4/5 + L 5/S I	5 3	1 falsch ./.. L 5/S I Nr. 17 1 falsch + L 3/4 Nr. 3 1 falsch + L 4/5 Nr. 14

zusammen 204

162
(4)

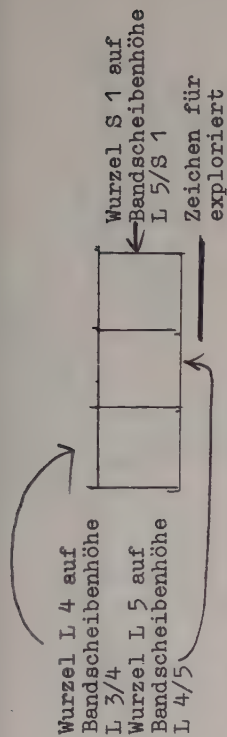
42
(3)

189
(7)

15

Zeichenerklärung: () Bilder fehlen in der Reinterpretation

Tab. 9: Myelographische Befunddokumentation
nach dem Kriterium "Nervenbaum"



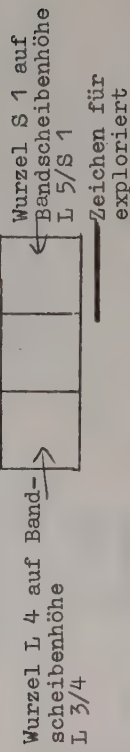
L 3/4 lux	L 3/4 nicht lux	L 4/5 lux	L 4/5 nicht lux	L 5/S 1 lux	L 5/S 1 nicht lux	L 3/4 + L 4/5	L 4/5 + L 5/S 1	negativ
1 B--	2 B--	1 -- 1 -- 2 --- 7 B- 6 C- 1 ddd 1 ddd 1 vvv	4 -- 29 B- 4 B- 2 B- 2 B- 16 C- 2 C- 4 C- 1 C- 5 ddd 1 vvv	1 --- 9 B- 1 B- 3 C- 1 CC- 1 C- 1 C- 1 vvv	3 -- 3 A- 2 A- 37 B- 1 CB- 5 B- 1 BB- 1 B- 24 C- 2 C- 2 ddd 1 ddd 2 ee- 2 vvv 1 vvv	1 ddd	1 BB- 1 B- 1 B-	3 --- 1 --- 1 B- 1 B-

Zeichenerklärung

- Wurzel unauffällig
- A distaler Wurzelabriß
- B komplettes Fehlen der Wurzeltasche
Wurzelendstrecke nicht verbreitert
- C komplettes Fehlen der Wurzeltasche
Wurzelendstrecke verbreitert
- d Baum ohne Äste
- e Wurzel wegen "Verschummerung" nicht
beurteilbar
- ~~v~~ Bilder fehlen

Tab. 10: Myelographische Befunddokumentation
nach dem Kriterium "Mediales Dreieck"

Wurzel L 5 auf Bandscheiben
höhe L 4/5

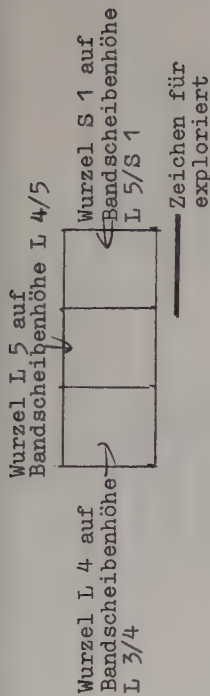


L 3/4 lux	L 3/4 nicht lux	L 4/5 lux	L 4/5 nicht lux	L 5/S 1 lux	L 5/S 1 nicht lux	L 4/5 + L 5/S 1	negativ
1 <u>B--</u>	2 <u>B--</u>	2 <u>--</u> 1 <u>--</u> 1 <u>--</u> 2 <u>--</u> 2 <u>A-</u> 9 <u>B-</u> 1 <u>B-</u> 1 <u>C-</u> 1 <u>vvv</u>	6 <u>--</u> 1 <u>A-</u> 1 <u>A-</u> 1 <u>A-</u> 45 <u>B-</u> 4 <u>B-</u> 5 <u>B-</u> 1 <u>B-</u> 1 <u>C-</u> 2 <u>C-</u> 1 <u>C-</u> 1 <u>ddd</u> 1 <u>vvv</u>	3 <u>--</u> 1 <u>A-</u> 11 <u>B-</u> 1 <u>BB</u> 1 <u>B-</u> 1 <u>C-</u> 1 <u>ddd</u> 1 <u>vvv</u>	6 <u>--</u> 3 <u>--</u> 6 <u>A-</u> 52 <u>B-</u> 1 <u>BB</u> 1 <u>B-</u> 7 <u>B-</u> 1 <u>CB</u> 5 <u>C-</u> 2 <u>eee</u> 2 <u>vvv</u> 1 <u>vvv</u>	1 <u>--A</u> 1 <u>B-</u> 1 <u>BB</u>	5 <u>--</u> 1 <u>--</u>

Zeichenerklärung

- Dreieck unauffällig
- A volumenvermindertes Dreieck
- B fehlendes Dreieck
- C deformiertes Dreieck
- d Baum ohne Dreiecke
- e Dreiecke wegen Verschmierung nicht beurteilbar
- vv Bilder fehlen

Tab. 11: Myelographische Befunddokumentation
an Hand des Kriteriums "Impressionen
der Dura um die Wurzelabgänge"



L 3/4 lux	L 3/4 nicht lux	L 4/5 lux	L 4/5 nicht lux	L 5/S 1 lux	L 5/S 1 lux	nicht lux	L 3/4 + L 4/5	L 4/5 + L 5/S 1	negativ
1 <u>B--</u>	1 <u>A--</u> 1 <u>B--</u>	2 <u>--</u> 9 <u>A--</u> 1 <u>A--</u> 1 <u>A--</u> 2 <u>A--</u> 3 <u>B--</u> 1 <u>B--</u> 1 <u>vvv</u>	9 <u>--</u> 3 <u>--</u> 4 <u>--</u> 1 <u>--</u> 21 <u>A--</u> 3 <u>A--</u> 1 <u>A--</u> 1 <u>A--</u> 24 <u>B--</u> 1 <u>B--</u> 1 <u>B--</u> 1 <u>vvv</u> 1 <u>vvv</u>	1 <u>--</u> 1 <u>--</u> 7 <u>A--</u> 1 <u>A--</u> 2 <u>AA--</u> 7 <u>B--</u> 1 <u>vvv</u>	12 <u>--</u> 2 <u>--</u> 45 <u>A--</u> 7 <u>A--</u> 1 <u>A--</u> 1 <u>AA--</u> 12 <u>B--</u> 2 <u>B--</u> 2 <u>C--</u> 2 <u>vvv</u> 1 <u>vvv</u>	1 <u>--</u>	1 <u>BA--</u> 1 <u>A--</u> 1 <u>---</u>	4 <u>---</u> 1 <u>---</u> 1 <u>A--</u>	
Zeichenerklärung									
- Dura unauffällig									
, A Dura eingedellt									

Zeichenerklärung

- Dura unauffällig

A Dura eingedellt

B Wurzelzeichnungen in der Dura unterbrochen

C Verschmierung der Dura

vv Bilder fehlen

Tab. 12: Myelographische Befunddokumentation
an Hand def Kriterien "Richtung" und
"Verlauf der Wurzeln"

R = Richtung V = Verlauf

Wurzel L 4 auf

Bandscheiben-
höhe L 3/4

Wurzel L 5 auf

Bandscheiben-
höhe L 4/5

Zeichen für
exploriert
negativ

L 3/4 lux	L 3/4 nicht lux	L 4/5 lux	L 4/5 nicht lux
1 <u>BD</u> --	1 <u>BC</u> -- 1 <u>BD</u> --	1 -- <u>A</u> -- 1 -- <u>A</u> -- 1 -- <u>A</u> -- 1 -- <u>AA</u> -- 1 -- <u>AA</u> -- 5 -- <u>BC</u> -- 1 -- <u>BC</u> -- 8 -- <u>BD</u> -- 1 <u>W</u> <u>W</u> <u>W</u>	2 -- -- 2 -- <u>A</u> -- 1 -- <u>A</u> -- 1 -- <u>B</u> -- 1 -- <u>AA</u> -- 1 -- <u>AA</u> -- 1 -- <u>AB</u> -- 22 -- <u>BC</u> -- 3 -- <u>BC</u> -- 4 -- <u>BC</u> -- 3 -- <u>BC</u> -- 23 -- <u>BD</u> -- 2 -- <u>BD</u> -- 1 -- <u>BD</u> -- 2 ce ce ce 1 <u>W</u> <u>W</u> <u>W</u> 1 <u>W</u> <u>W</u> <u>W</u>

Zeichenerklärung

Wurzelrichtung

A Ohr des Hundes

- unter die Schnauze d. H.

B Hundekörper

c Kontrastmittelsee: Wurzeln
nicht dargestellt

d Verschummerung

Wurzelverlauf

A hyperkonkav zur Bogenwurzel

- normale Konkavität

B S förmig

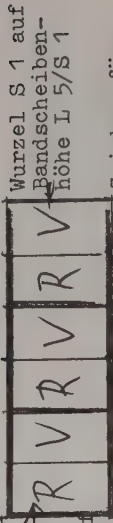
C gestreckt

D konvex zur Bogenwurzel

e Kontrastmittelsee: Wurzeln nicht dargestellt

f Verschummerung

W Bilder fehlen



L 5/S 1 lux	L 5/S 1 nicht lux	L 3/4 + L 4/5	L 4/5 + L 5/5
1 -- -- 1 -- -- 1 -- -- 5 -- -- 2 -- -- 1 -- <u>BC</u> 19 5 -- -- 1 -- <u>A</u> <u>BD</u> 37 2 ce ce ce 1 <u>W</u> <u>W</u> <u>W</u>	8 -- -- 2 -- -- 2 -- -- 1 -- -- 1 -- -- 1 -- <u>BC</u> 1 1 -- <u>BC</u> 19 1 -- <u>BD</u> 3 1 -- <u>A</u> <u>BD</u> 37 1 <u>W</u> <u>W</u> <u>W</u>	1 -- <u>BC</u> -- 1 -- <u>BC</u> -- 1 -- <u>B</u> -- 1 -- <u>B</u> -- 1 -- <u>AA</u> -- 1 -- <u>BC</u> -- 1 -- <u>BC</u> -- 1 -- <u>BD</u> -- 1 -- <u>A</u> <u>BD</u> -- 1 <u>W</u> <u>W</u> <u>W</u>	1 -- -- 1 -- -- 1 -- -- 1 -- <u>BC</u> 4 1 -- <u>BC</u> 1 1 -- <u>BD</u> 1 <u>A</u> --

Tab. 13: Myelographische Befunddokumentation
an Hand des Kriteriums
"Vorwölbungen im Profilbild"

Bandscheibe L 4/5

Bandscheibe
L 3/4

Bandscheibe
L 5/S 1

Zeichen für expl.

L 3/4 lux	L 3/4 nicht lux	L 4/5 lux	L 4/5 nicht lux	L 5/S 1 lux	L 5/S 1 nicht lux	L 3/4 + L 4/5	L 4/5 + L 5/S 1	negativ
1 <u>A--</u>	1 <u>---</u> 1 <u>A--</u>	4 <u>---</u> 1 <u>---</u> 1 <u>A--</u> 8 <u>-A-</u> 1 <u>-AA</u> 1 <u>-A-</u> 1 <u>-A-</u> 2 <u>-A-</u> 1 <u>vvv</u>	5 <u>---</u> 2 <u>A--</u> 4 <u>---</u> 1 <u>---</u> 38 <u>-A-</u> 4 <u>AA-</u> 2 <u>-A-</u> 5 <u>-A-</u> 3 <u>-A-</u> 4 <u>-B-</u> 1 <u>VVV</u> 1 <u>vvv</u> 1 <u>vvv</u>	3 <u>---</u> 2 <u>-A-</u> 1 <u>---</u> 4 <u>-A-</u> 2 <u>-AA</u> 2 <u>-A-</u> 2 <u>-B-</u> 3 <u>ccc</u> 1 <u>vvv</u>	28 <u>---</u> 5 <u>-A-</u> 1 <u>AA-</u> 1 <u>A--</u> 6 <u>---</u> 1 <u>A--</u> 1 <u>-A-</u> 23 <u>-A-</u> 7 <u>-AA</u> 1 <u>A-A</u> 1 <u>A-A</u> 1 <u>-AA</u> 1 <u>-B-</u> 3 <u>ccc</u> 1 <u>ccc</u> 2 <u>ddd</u> 1 <u>VVV</u> 2 <u>vvv</u> 1 <u>vvv</u>	1 <u>AA-</u>	2 <u>-A-</u> 1 <u>-AA</u>	3 <u>---</u> 2 <u>AA-</u> 1 <u>-A-</u>

Zeichenerklärung

- Bandscheibe nicht vorgewölbt
- A Vorwölbung
- B Kontrastmittel läuft aus
- c Überlagerung Kontrastmittelschatten mit Knochenschatten
- d Verschummerung
- V nur das Profilbild fehlt
- ~~v~~ alle Bilder fehlen

Wurzel L 5 / Bandscheibe L 4/5

Wurzel L 4 auf
Bandscheibenhöhe
L 5/S 1 /
Bandscheibe L 5/S 1
im Profilbild
Zeichen für exploriert

Tab. 14: Myelographische Befunddokumentation
an Hand des Kriteriums "Zeichen für
Sequesterluxation"

L 3/4 lux	L 3/4 nicht lux	L 4/5 lux	L 4/5 nicht lux	L 5/S 1 lux	L 5/S 1 lux L 5/S 1 nicht lux	L 3/4 + L 4/5	L 4/5 + L 5/S 1	negativ
1 <u>F--</u>	2 <u>---</u>	4 <u>---</u>	48 <u>---</u>	5 <u>---</u>	65 <u>---</u>	1 <u>---</u>	3 <u>---</u>	4 <u>---</u>
		1 <u>---</u>	5 <u>---</u>	1 <u>---</u>	10 <u>---</u>			1 <u>---</u>
		4 <u>A-</u>	6 <u>---</u>	1 <u>--A</u>	1 <u>---</u>			1 <u>A--</u>
		1 <u>B-</u>	3 <u>---</u>	2 <u>--B</u>	1 <u>--D</u>			
		1 <u>C-</u>	2 <u>C-</u>	1 <u>--B</u>	1 <u>--D</u>			
		1 <u>C-</u>	1 <u>E-</u>	1 <u>--C</u>	4 <u>--F</u>			
		3 <u>D-</u>	3 <u>F-</u>	6 <u>--D</u>	2 <u>ggg</u>			
		3 <u>F-</u>	1 <u>--F</u>	1 <u>--F</u>	2 <u>vvv</u>			
		1 <u>F-</u>	1 <u>vvv</u>	1 <u>--F</u>	1 <u>vvv</u>			
		1 <u>AAV</u>	1 <u>vvv</u>	1 <u>vvv</u>				

Zeichenerklärung

Luxationsrichtung:	in den Schrägaufnahmen	im Profilbild	in beiden
↑	A	B	C
↓	D	E	F

Zeichenerklärung

- keine Zeichen für Sequesterluxation
- g Verschummerung
- ∇ Bilder fehlen

intraoperativ festgestellte Luxationsrichtung
der Sequester nach

	cranial	caudal	ins Foramen intervertebrale	gesamt
Bandscheiben vorfälle L 3/4			1	1
Bandscheiben vorfälle L 4/5	8	7	5	20
Bandscheiben vorfälle L 5/S 1	10	8	2	20

Tab. 15: Häufigkeiten der Sequesterluxationen in den
verschiedenen Luxationsrichtungen intraoperativ

Sequesterluxation in den Myelogrammen

					
intraoperative Lokalisation der Sequesterluxation		2 L 3/4			
		62 L 4/5	2 L 4/5	5 L 4/5	4 L 4/5
		76 L 5/S 1		6 L 5/S 1	9 L 5/S 1
		1 L 3/4 + 1 L 4/5 + 3 L 4/5 + 3 L 5/S 1			
		1 L 4/5	7 L 4/5		
		3 L 5/S 1	6 L 5/S 1		2 L 5/S 1
		2 L 4/5		4 L 4/5	1 L 4/5
		2 L 5/S 1		6 L 5/S 1	
		1 L 4/5		1 L 3/4 4 L 4/5 2 L 5/S 1	

Tab. 16: Gegenüberstellung der Sequesterluxation in den Myelogrammen und der intraoperativen Lokalisation der Sequesterluxation

Zeichenerklärung:  = keine Sequesterluxation,  = Luxation nach cranial,  = Luxation nach caudal,  = Luxation ins For_amen intervertebrale,  = Bilder fehlen

Tab. 17: Myelographische Befunddokumentation

entsprechend den im Text genannten

Kompressionstypen A - U



Zeichen für exploriert

L 3/4 lux	L 3/4 nicht lux	L 4/5 lux	L 4/5 nicht lux	L 5/S lux	L 5/S nicht lux	L 3/4 + L 4/5	L 4/5 + L 5/S	negativ
1 <u>N--</u>	1 <u>M--</u> 1 <u>L-S</u>	1 <u>E-</u> 1 <u>F-T</u> 1 <u>H-</u> 1 <u>H-</u> 2 <u>H-</u> 1 <u>I-</u> 1 <u>I-</u> 1 <u>J-</u> 1 <u>K-</u> 4 <u>L-</u> 1 <u>TL-</u> 1 <u>M-</u> 3 <u>N-</u> 1 <u>W-W</u>	1 <u>TA-</u> 1 <u>G-</u> 1 <u>D-</u> 2 <u>D-</u> 1 <u>E-</u> 1 <u>E-</u> 4 <u>F-</u> 1 <u>F-</u> 3 <u>F-</u> 3 <u>G-</u> 1 <u>TG-</u> 1 <u>J-</u> 1 <u>K-</u> 14 <u>L-</u> 1 <u>LA</u> 1 <u>TL-</u> 3 <u>L-</u> 1 <u>L-</u> 10 <u>M-</u> 1 <u>M-</u> 1 <u>TM-</u> 6 <u>N-</u>	1 <u>E-</u> 1 <u>F-</u> 2 <u>I-</u> 1 <u>LI</u> 1 <u>J-</u> 3 <u>L-</u> 1 <u>HL</u> 3 <u>TL</u> 1 <u>M-</u> 1 <u>LM</u> 2 <u>N-</u> 2 <u>P-</u> 1 <u>W-W</u>	1 <u>TA-</u> 1 <u>G-</u> 1 <u>D-</u> 2 <u>D-</u> 1 <u>E-</u> 1 <u>E-</u> 4 <u>F-</u> 1 <u>F-</u> 3 <u>F-</u> 3 <u>G-</u> 1 <u>TG-</u> 1 <u>J-</u> 1 <u>K-</u> 14 <u>L-</u> 1 <u>LA</u> 1 <u>TL-</u> 3 <u>L-</u> 1 <u>L-</u> 10 <u>M-</u> 1 <u>M-</u> 1 <u>TM-</u> 6 <u>N-</u>	3 <u>B-</u> 1 <u>T-B</u> 1 <u>B-</u> 3 <u>D-</u> 3 <u>E-</u> 2 <u>F-</u> 2 <u>J-</u> 1 <u>TJ</u> 1 <u>K-</u> 30 <u>L-</u> 8 <u>TL</u> 1 <u>TL</u> 1 <u>GL</u> 1 <u>TL</u> 6 <u>L</u> 1 <u>DL</u> 1 <u>L</u> 3 <u>M</u> 4 <u>TM</u> 1 <u>T-M</u> 1 <u>TM</u>	1 <u>OL</u> 1 <u>LS</u> 1 <u>TE</u>	1 <u>T-</u> 1 <u>HT-</u> 1 <u>TT-</u> 1 <u>---</u> 1 <u>C-</u> 1 <u>U</u>

Zeichenerklärung:

Die Buchstaben bedeuten die im Text genannten Kompressionstypen - unauffällig

Intraoperative Lage des Prolapses auf der Horizontalachse

Kompressionstypen in den Myelogrammen

	lateral						paramedian						medial					
	L3/4		L4/5		L5/S1		L3/4		L4/5		L5/S1		L3/4		L4/5		L5/S1	
	l	nl	l	nl	l	nl	l	nl	l	nl	l	nl	l	nl	l	nl	l	nl
A																		
B					3						2							
C			1															
D			2		2				1		1							
E			1	2	1	3												
F			8		1	1			1	2	1							
G			1						3									
H			3						1									
I			1		2				1		1							
J			1	1	1	2					1							
K			1	1		1												
L	1	4	18	6	42				1	2	1	7						
M	1	1	9	1	3					3	1	6						
N			2		1				2	4	1	3			1		1	
O										3					3		1	
P									1	1					1	1		
Q											1						1	
R																		
S					1													
T					1													
U																		
(V)		1	2	1	3													

Zeichenerklärung: Die Buchstaben der 1. Spalte bedeuten die im Text angegebenen Kompressionstypen A - U, V = Bilder fehlen

l = luxierter Sequester, nl = Prolaps am Ort

Die Myelogramme von 4 Mehrfachprolapsen und von 6 Negativexplorationen wurden hier nicht aufgelistet

Tab. 18: Gegenüberstellung der Kompressionstypen in den Myelogrammen unter Bezug auf den Operationssitus

explorierte Bandscheibe	Fallzahl	Operationsbefund		myelographischer Befund		Tab. 19: Fehler der myelographischen Beurteilung in der Reinterpretation nach der Operation ursprüngliche Falschinterpretation siehe Tab. 8
		+	./.	richtig	falsch	
L 3/4	2	2		2		
L 4/5	68 (1)	68 (1)		68 (1)		
L 5/S I	88 (3)	88 (3)		88 (3)		
L 3/4 + L 4/5	8 (1) 2		8 L 3/4 (1) L 3/4 1 L 4/5	8 (1) 1 1		
L 4/5 + L 5/S I	24 (2)		7 L 5/S I (1) L 5/S I 13 L 4/5 (1) L 4/5 1 L 4/5 + L 5/SI	7 (1) 11 (1) 3	2 1	2 falsch + L 4/5 Nr. 2, 7 1 falsch + L 4/5 Nr. 8
L 3/4 + L 5/S I	1		1 L 3/4		1	1 Falsch + L 3/4 Nr. 18
L 3/4 + L 4/5 + L 5/S I	11		5 L 3/4 + L 5/SI 1 L 3/4 + L 4/5 5 L 3/4 + L 4/5 + L 5/SI	5 1 1	4	1 falsch + L 3/4+L 4/5 Nr 1 falsch + L 5/SI Nr. 14 1 falsch + L 3/4+L 4/5 Nr 1 falsch + L 4/5 Nr. 4
zusammen	204 (7)	162 (4)	42 (3)	196 (7)	8	

Zeichenerklärung: () Bilder fehlen

an Hand der klinischen Befunde angenommene Bandscheibe			klinisch fälschlicher- weise angenomm. Bandscheibe	Unter gleichzeitiger Berücksichtigung der klinischen und myelographischen Befunde angenommene Bandscheibe	
richtige Bandscheibe	Restgruppe	falsche Bandscheibe		richtige Bandscheibe	falsche Bandscheibe
	2			2	
30	36 (1)	2	2 falsche Höhe L 5/S I	68 (1)	
55 (3)	32	1	1 falsche Höhe L 4/5	88 (3)	
2	4 (1) 1 1	2	2 falsche Höhe L 5/S I	10 (1)	
3 8 (1)	3 (1) 5 3 1	1	1 falsche Höhe L 5/S I	22 (1) (1)	 1 1
1				1	
2	3 1 2	3	3 falsch positiv L 4/5	6	5
101 (4)	94 (3)	9		197 (7)	7

in der Reinterpretation an Hand der Myelogramme angenommene Bandscheibenhöhe

positiv explorierte Bandscheibenhöhe

204	L 3/4	3	L 4/5	90	L 5/S I	101	L 3/4 +	3	L 4/5 +	5	L 3/4 +	1	negativ	1
3 L 3/4	3						L 4/5							
88 L 4/5			88											
103 L 5/S I					100				2		1			
1 L 3/4 + L 4/5						1								
3 L 4/5 + L 5/S I								3						
L 3/4 + L 5/S I														
6 negativ			2		1	2								1

196 Treffer
8 Falschtreffer

Tab. 20: Treffsicherheit der Myelogramme in der
Reinterpretation durch Gegenüberstellung
der reinterpretierten Myelographiebefunde
und der Operationsbefunde

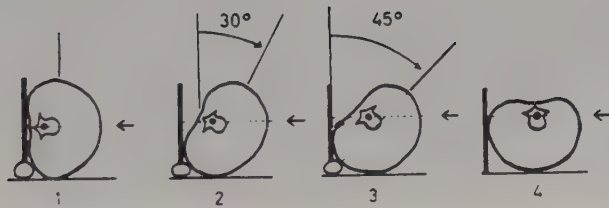
Fehlinterpretationen in der ursprünglichen und in der nachträglichen Interpretation bei 19 Fällen

	L 5 Syndrome ↓ angenommene Bandscheibe L 4/5	S I Syndrome ↓ angenommene Bandscheibe L 5/S I	L 4 + L 5 S. L 5 + S I S. S I + S 2 S. L 4 + S I S. L 4 - S I S. L 5 - S 2 S. L 4 - S 2 S. S 1 - S 5 S. L 4 - S 5 S. ↓ Restgruppe 92	Angaben fehlen oder Frühstadt. ohne Wurzel- identifizier- barkeit ↓ Restgruppe	N
	41	73		5	211
L 3/4 lux			1		1
nicht					
L 3/4 lux			2		2
L 4/5 lux	10		10		20
L 4/5 nicht lux	27	5	35	4	71
L 5/SI lux	1	11	8		20
L 5/SI nicht lux		57	29	1	87
L 3/4 + L 4/5			1		1
L 4/5 + L 5/S I			3		
negativ	3		3		6

Tab. 22: Ermittlung der Höhentreffsicherheit unter Berücksichtigung aller klinisch-neurologischer Befunde durch Vergleich der angenommenen Bandscheiben mit den positiv explorierten

→ 105 Treffer, 9 Falschtreffer, 97 Restgruppe

Abb. 1: Aufnahmetechnik bei der lumbalen Myelographie



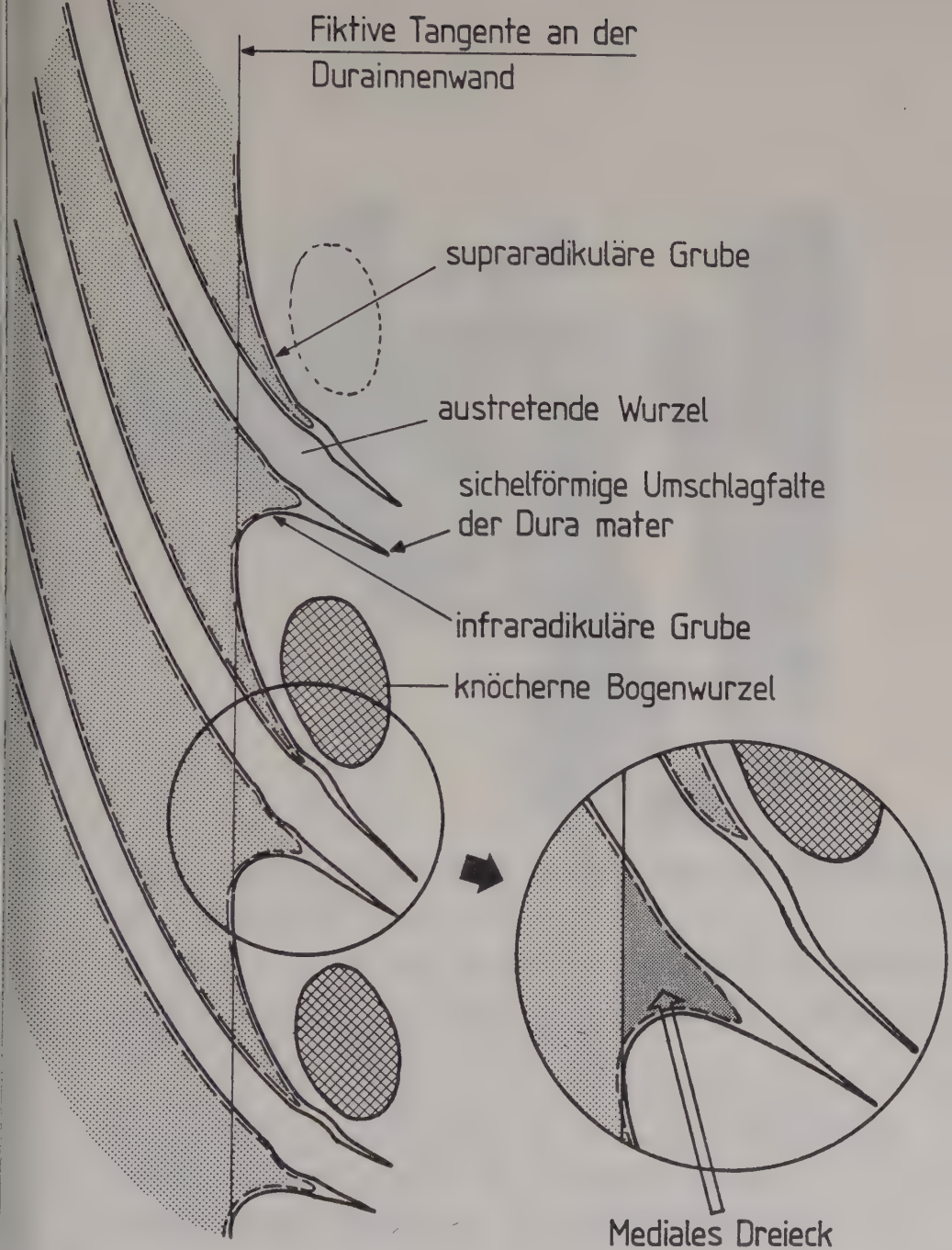
Aufnahmepositionen:

1. Seitenlage - horizontaler Strahlengang → ap - Aufnahme kranke Seite unten.
2. Um 30° in Richtung Bauchlage gedrehte Seitenlage - horizontaler Strahlengang → 1. Schrägaufnahme.
3. Um 45° in Richtung Bauchlage gedrehte Seitenlage - horizontaler Strahlengang → 2. Schrägaufnahme.
4. Bauchlage - horizontaler Strahlengang
→ Profilbild (Seitenaufnahme).

— nach EGGENSCHWYLER (1951)



Abb. 2: Normale Myelographieserie der gesunden Seite
in den Aufnahmepositionen ap, 30 °, 45 ° und
seitlich, angefertigt nach der Technik von
EGGENSCHWYLER (1951)



bb. 3: Darstellung des normalen Wurzelaustrittes mit Bildung des medialen Kontrastmitteldreiecks



Abb.4: Halbschräge Projektion eines Lendenwirbels mit Darstellung der Hundekonfiguration.

Die Wurzel L5 verläuft konkav um das "Auge des Hundes" gespannt (konkav zur Bogenwurzel) in Richtung unter die "Schnauze des Hundes" (= normal)

Die Wurzel S1 verläuft gerade und ohne Krümmung am kleinen Zwischenwirbelgelenk L5 / S1 vorbei mit Zielpunkt Kreuzbeinknochen medial des Foramens sacrale I (= pathologischer Befund bei Diskushernie lateral L5/S1).

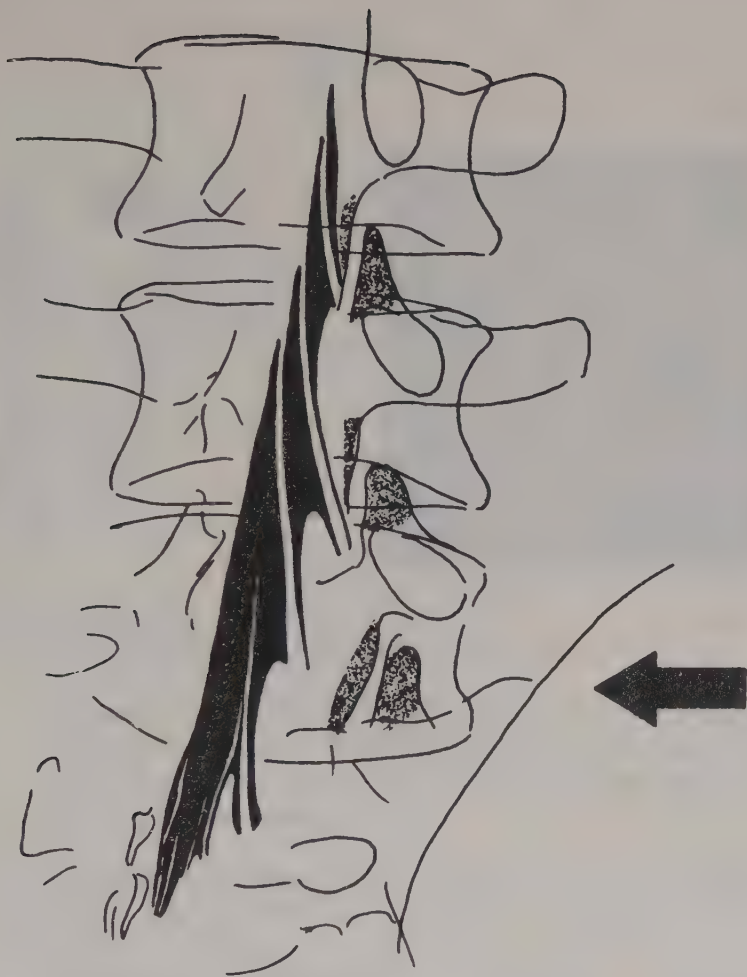


Abb. 5: Astverbreiterung und Astverkürzung im gleichmäßigen Ästerelief in Höhe der Bandscheide L5/S1 durch lateralen Prolaps. Die Wurzel S1 im Vergleich mit den Wurzeln L5 und S2 zu kurz.



Abb. 6: Innenansicht des Duralsackes:

a) Schemazeichnung, b) Operationspräparat

Der Wurzelaustritt stülpt die Meningen wie den Ärmel eines Pullovers nach außen aus. Die caudalen Anteile der Ausstülpungen stellen sich myelographisch als die sog. "medialen Dreiecke" dar.

Man erkennt außerdem, daß im Duralsack die motorische Vorder- und sensible Hinterwurzel in der Regel getrennt verlaufen:

myelographisch erkennt man dann oft eine

"physiologische Wurzeldopplung"

(nach SALAMON, 1966)

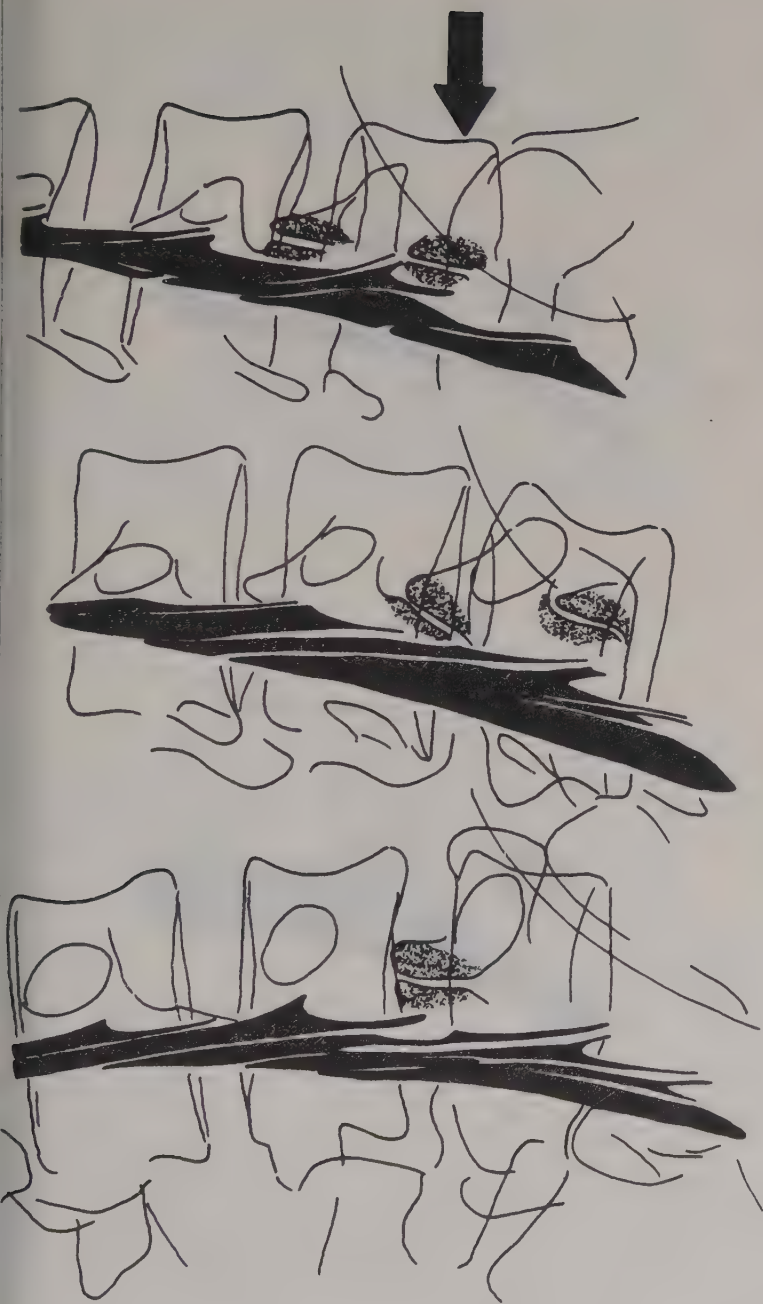
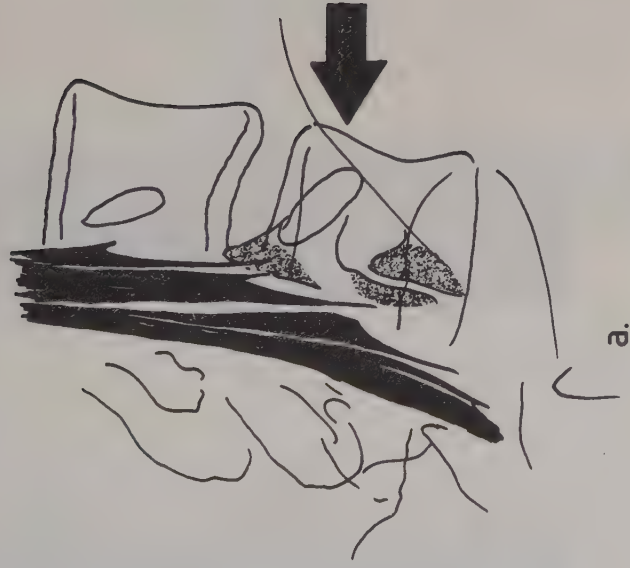
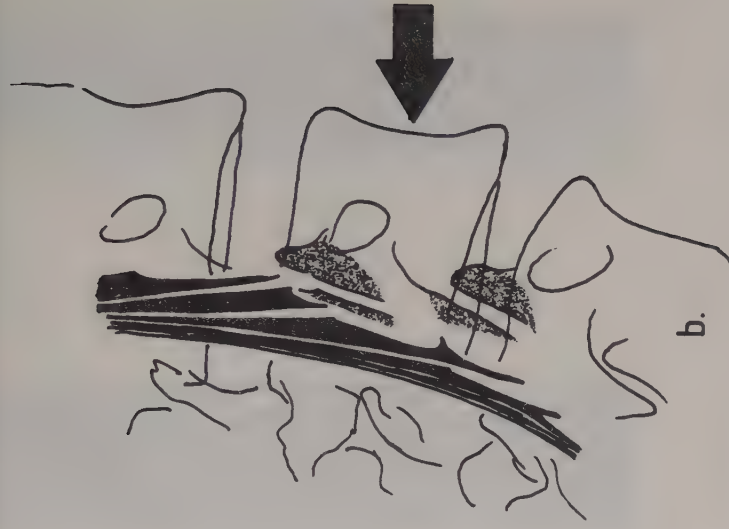


Abb. 7: Kontinuierliche Abnahme des medialen Dreiecks in Höhe des Bandscheibenvorfalles bei verschiedenen Patienten.



a.



b.

Abb. 8: Verschiedene Ausprägungen des "deformierten Dreiecks" in Höhe des Bandscheibenvorfalles bei verschiedenen Patienten.

a) Kantenabrundung.

b) Verbiegung

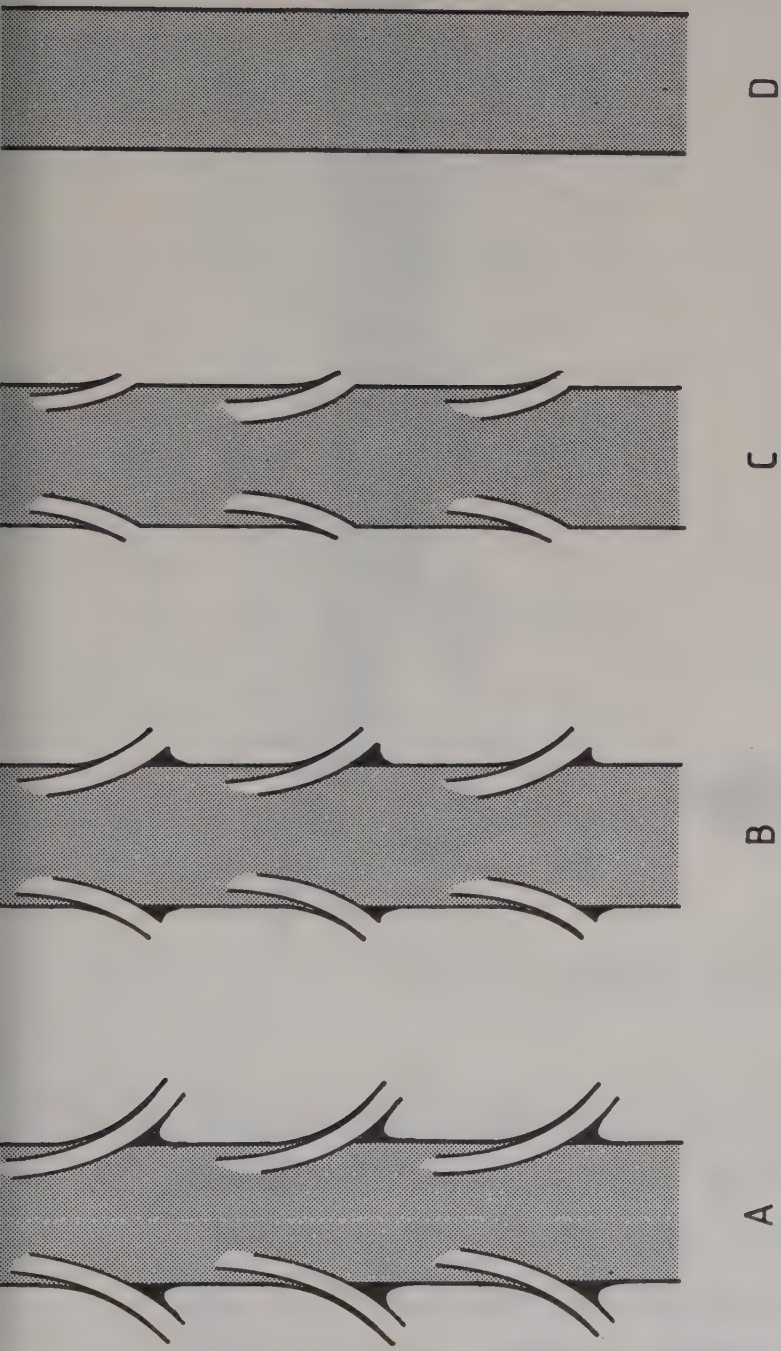


Abb. 9: Verschiedene Darstellbarkeit der Wurzelabgänge und der medialen Dreiecke entsprechend den anatomischen Normvarianten des Wurzelaustrittes aus der Dura.

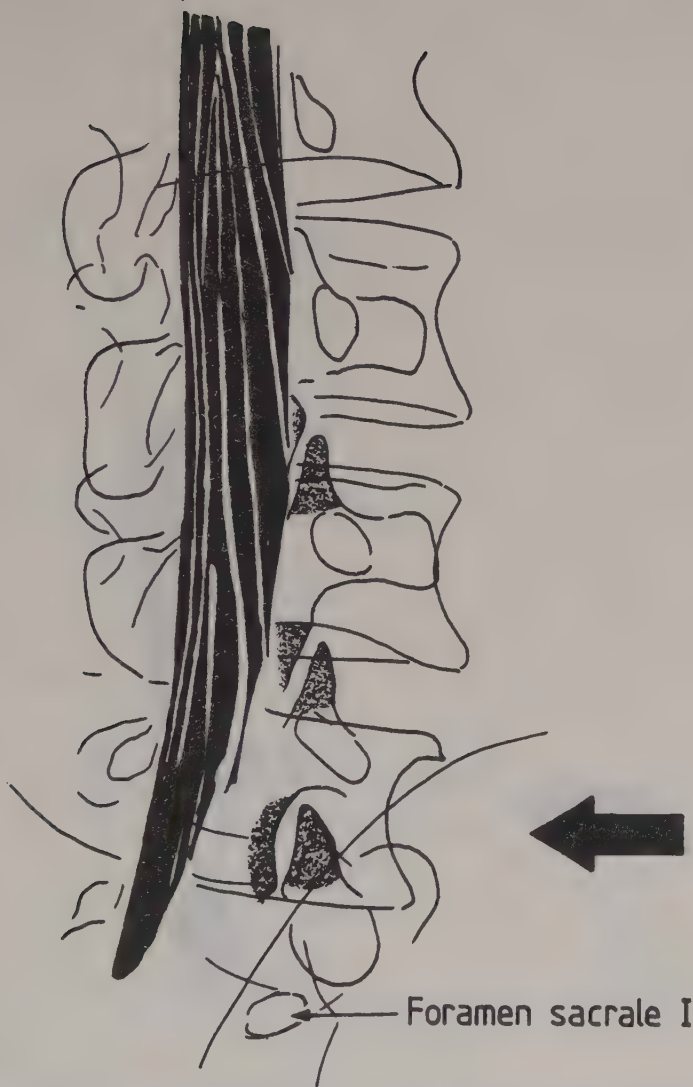


Abb. 10: Bandscheibensequester L5/S1 rechts paramedian. Die Wurzel S1 eines "Baumes ohne Äste und Dreiecke" ist nicht auf das Foramen sacrale I zielgerichtet, sondern medial vorbei. (= einziger Hinweis auf den Prolaps)

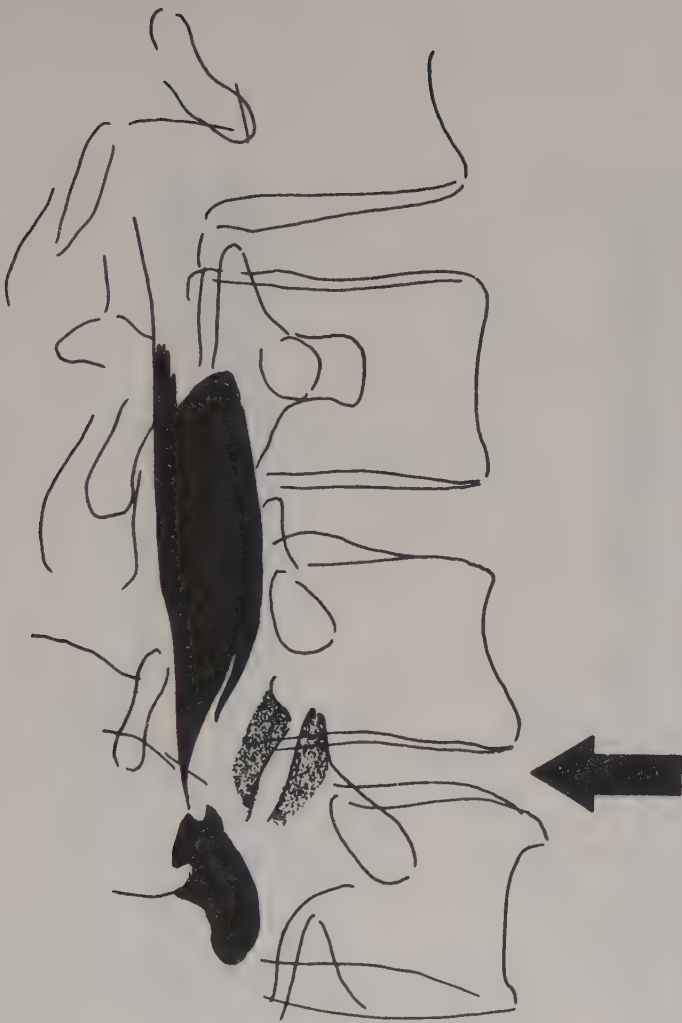
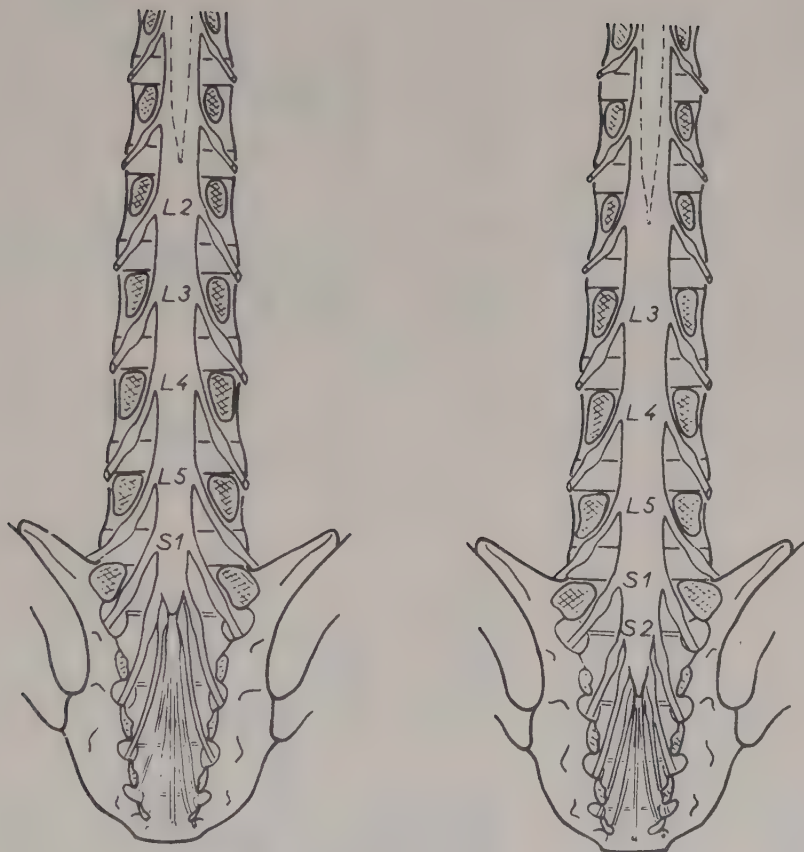


Abb.11: Weder Nervenwurzeln noch mediale Dreiecke gelangen zur Darstellung. Streckenweise totale Unterbrechung des Kontrastmittelschlauches bei großem paramedianem Sequester der Bandscheibe L4/5.



bb. 12: Jede Nervenwurzel ist ihrer gleichnamigen knöchernen Bogenwurzel zugeordnet; sie verläuft um diese herum wie über einer Rolle

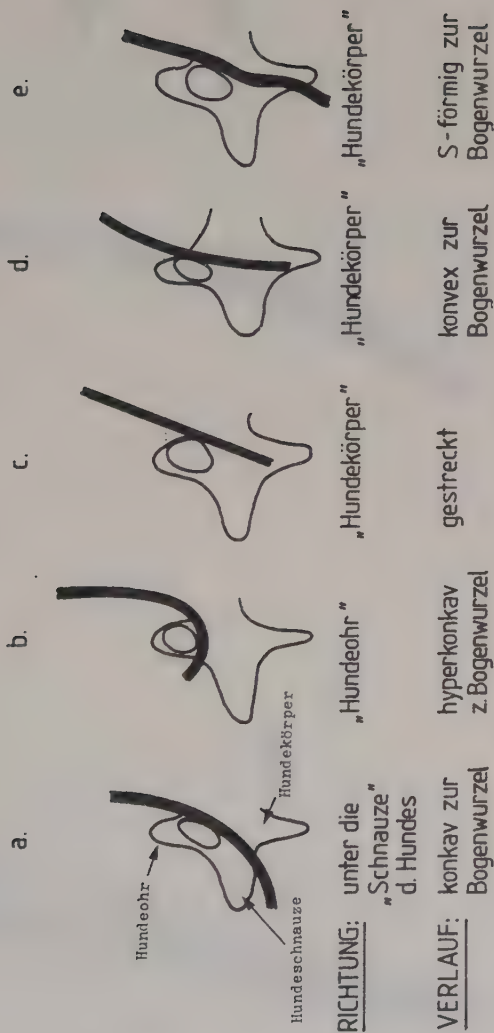


Abb. 13: Verschiedene Ausprägungen der Kriterien "Richtung" und "Verlauf der Wurzeln",

a ist die physiologische Form, b - e sind pathologische Formen, die als Hinweise auf einen Bandscheibenvorfall verwertet werden können.

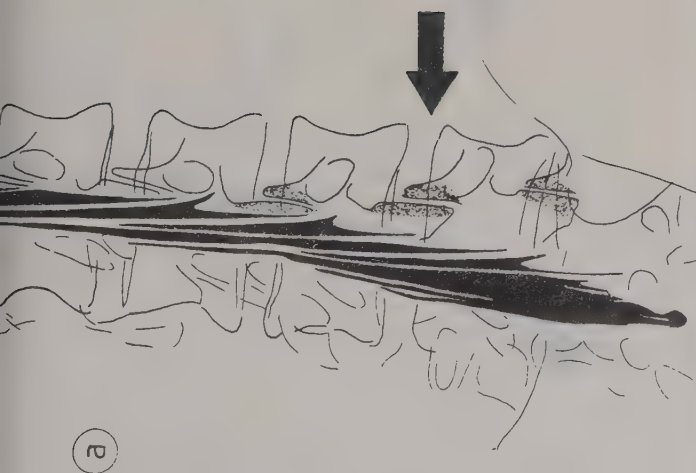


Abb. 14: Beispiel unterschiedlicher Darstellbarkeit zweier Bandscheibenvorfälle in Höhe L3/4 und L4/5 links.

a. Halbschrägaufnahme:
Wurzelscheidenabriß und Fehlen des medialen Dreiecks
 in Höhe L4/5 bei Bandscheibenvorfall L4/5. Kein
 abnormer Befund in Höhe L3/4.

b. Profilaufnahme:

Starke Bandscheibenprotrusionen L4/5 und stärker L3/4.
 Op-Befund: mittelgroßer Bandscheibenvorfall L4/5 links lateral
 und starker Bandscheibenvorfall L3/4 links paramedian.

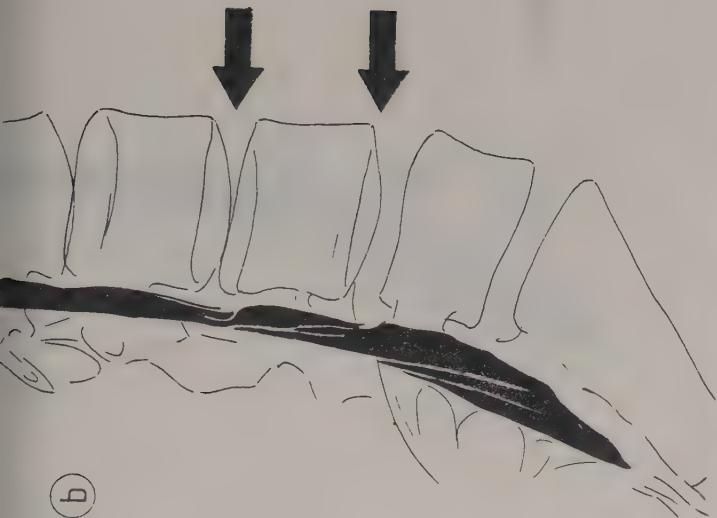


Abb. 14: Beispiel unterschiedlicher Darstellbarkeit zweier Bandscheibenvorfälle in Höhe L3/4 und L4/5 links.

a. Halbschrägaufnahme:
 Wurzelscheidenabriß und Fehlen des medialen Dreiecks
 in Höhe L4/5 bei Bandscheibenvorfall L4/5. Kein
 abnormer Befund in Höhe L3/4.

b. Profilaufnahme:

Starke Bandscheibenprotrusionen L4/5 und stärker L3/4.
 Op-Befund: mittelgroßer Bandscheibenvorfall L4/5 links lateral
 und starker Bandscheibenvorfall L3/4 links paramedian.

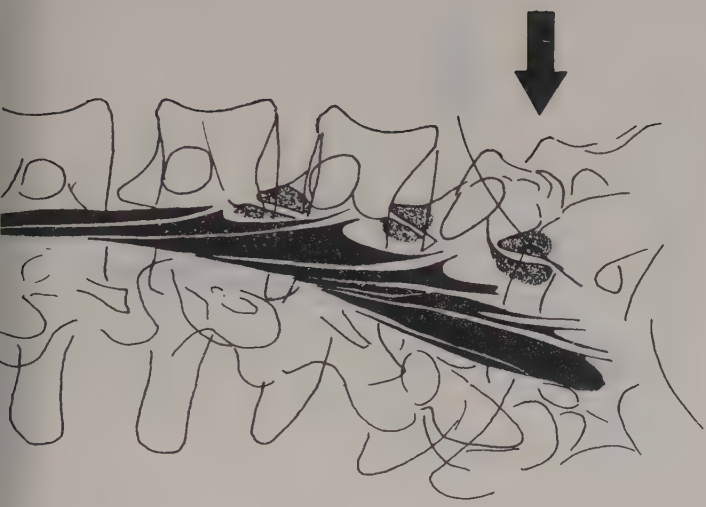
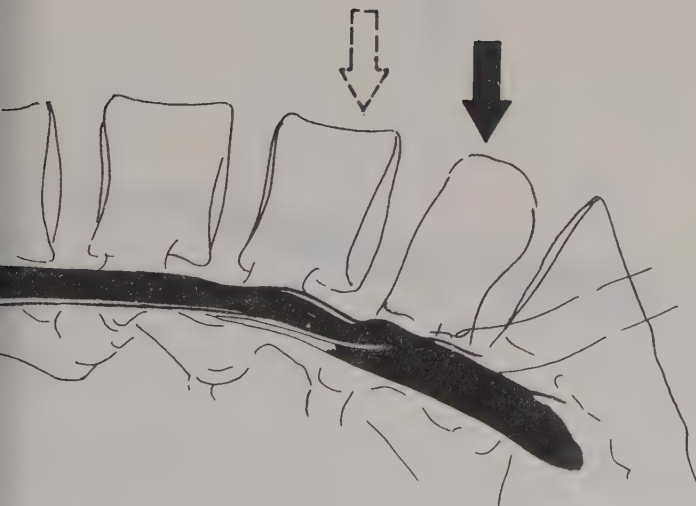


Abb. 15 a: Zeitliche Entwicklung eines Prolapses, Ausgangsbild
 Klinisch: S 1 Syndrom links
 Myelographisch: Schrägaufnahme: Abriss und fehlendes Dreieck der Wurzel S 1 links in Höhe L 2/S 1
Profilbild: leichte isolierte Eindrückung in Höhe L 4/5
 Intraoperativ: Bandscheibenvorfall L 2/S 1 links lateral
 Postoperativ: sofortige, 3 Monate anhaltende, völlige Beschwerdefreiheit

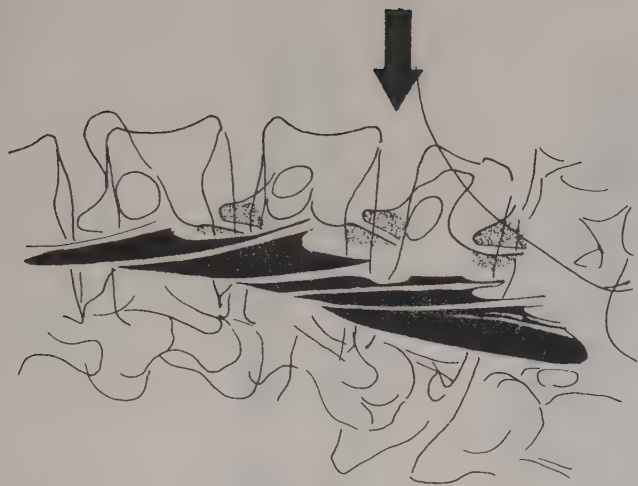
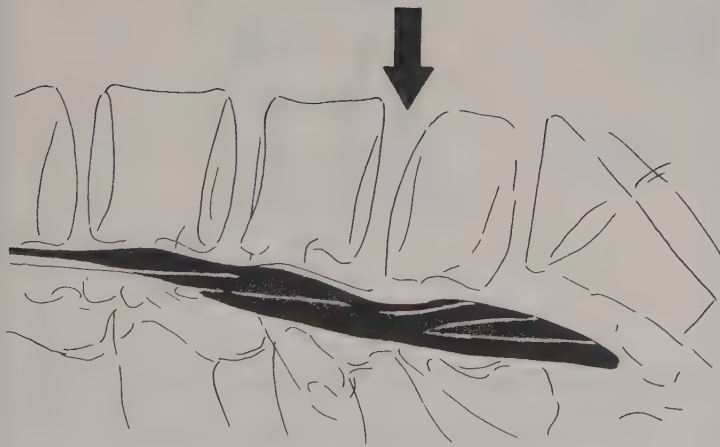
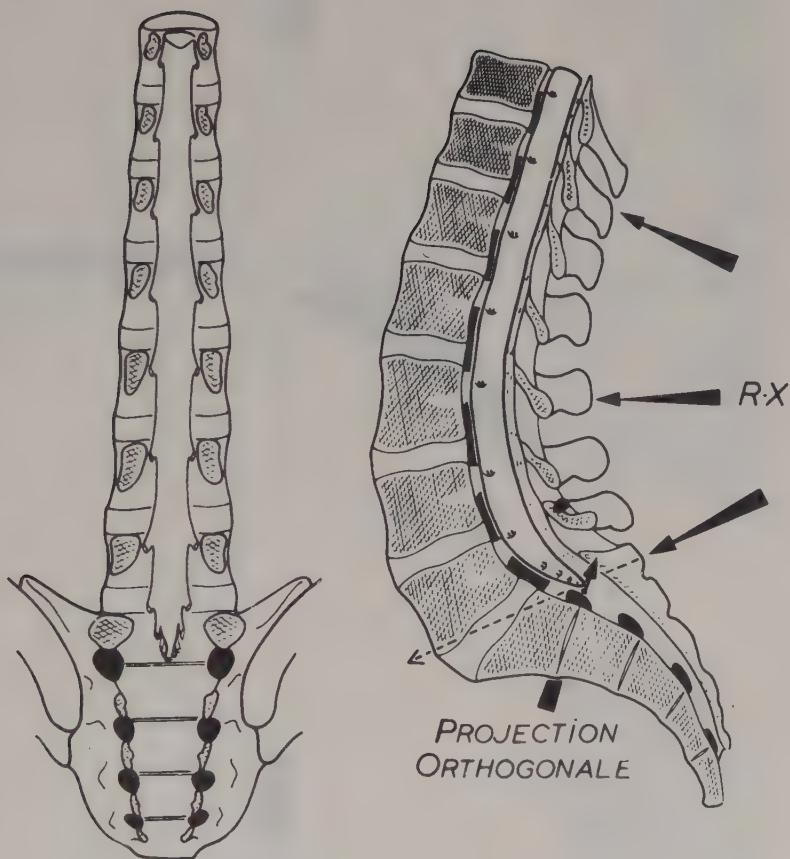


Abb. 1b: Zeitliche Entwicklung eines Fropapses, 1 Jahr später
 klinise: L 5 Syndrom links
 myelographisch: Schrägaufnahme: Komplettes Fehlen der
 gesamten Wurzelendstrecke L 5 links
 in Bandscheibenhöhe L 4/5 links
 Profilbild: isolierte massive Eindellung
 in Höhe L 4/5
Intraoperativ: Bandscheibenvorfall L 4/5 links lateral



b. 16: "Verschiebung" der Bandscheiben im Röntgenbild durch Lendenlordose und Strahlenprojektion. Im pa oder ap Bild liegen die dorsalen Anteile der Bandscheiben oft auf Wirbelkörperniveau (nach SALAMON, 1966)

a

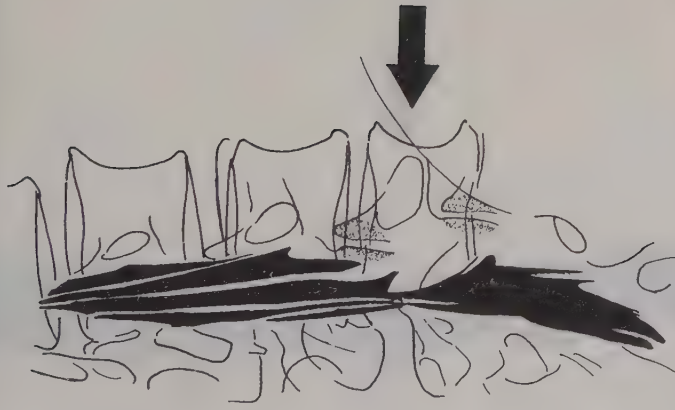


Abb. 17: Der Kontrastmittelddefekt liegt in den Halbschrägaufnahmen zwischen den kleinen Wirbelgelenken L4/5 und L5/S1 = Möglichkeit eines nach caudal luxierten Sequesters der Bandscheibe L4/5 oder eines nach cranial luxierten Sequesters der Bandscheibe L5/S1. Die Profilaufnahme bringt die Klärung. Zapfenförmiger Kontrastmittelddefekt zwischen Wirbelkörperhinterwand L5 und Dura ausgehend von dem Zwischenwirbelraum L4/5.

b

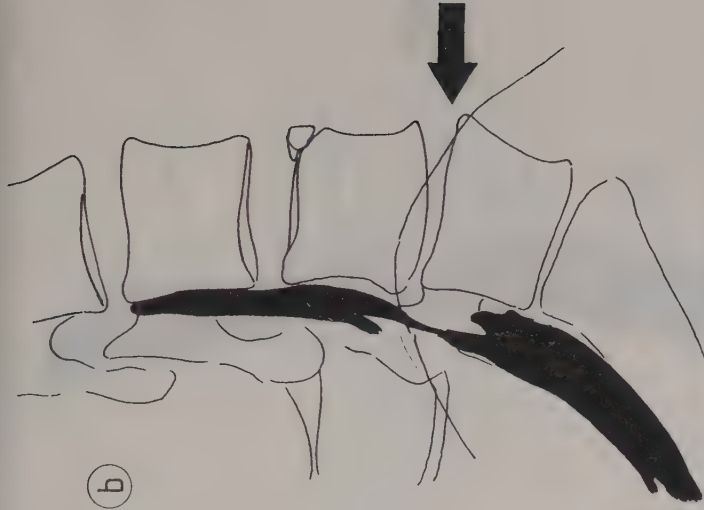


Abb. 17: Der Kontrastmittelddefekt liegt in den Halbschrägaufnahmen zwischen den kleinen Wirbelgelenken L4/5 und L5/S1 = Möglichkeit eines nach caudal luxierten Sequesters der Bandscheibe L4/5 oder eines nach cranial luxierten Sequesters der Bandscheibe L5/S1. Die Profilaufnahme bringt die Klärung. Zapfenförmiger Kontrastmittelddefekt zwischen Wirbelkörperhinterwand L5 und Dura ausgehend von dem Zwischenwirbelraum L4/5.

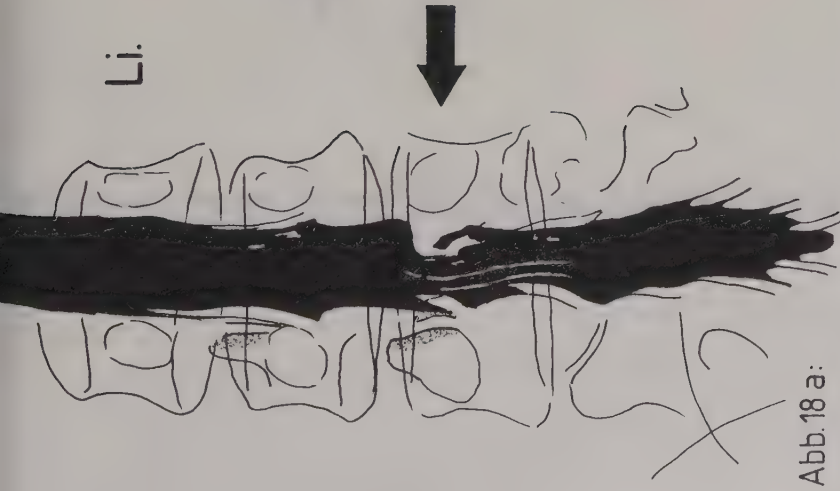


Abb. 18 a:

In Richtung Foramen intervertebrale
L_{4/5} links luxierter Bandscheiben -
sequenter.

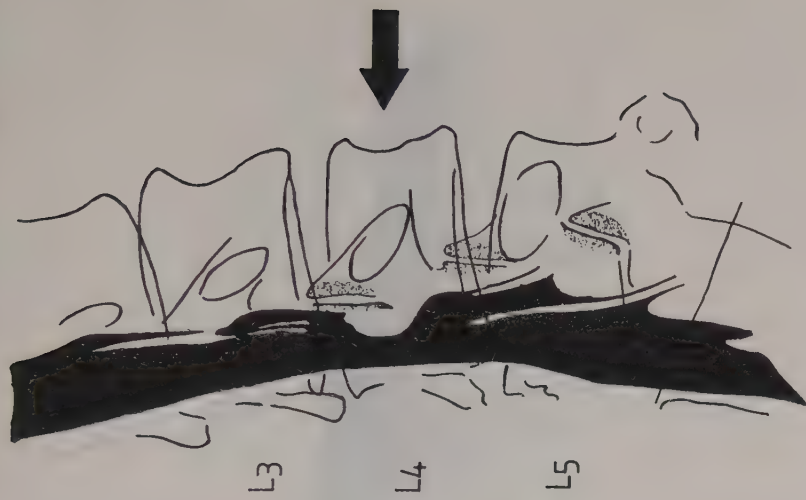


Abb. 18 b: In Richtung Foramen intervertebrale
L_{4/5} links luxierter Bandscheiben -
sequenter.

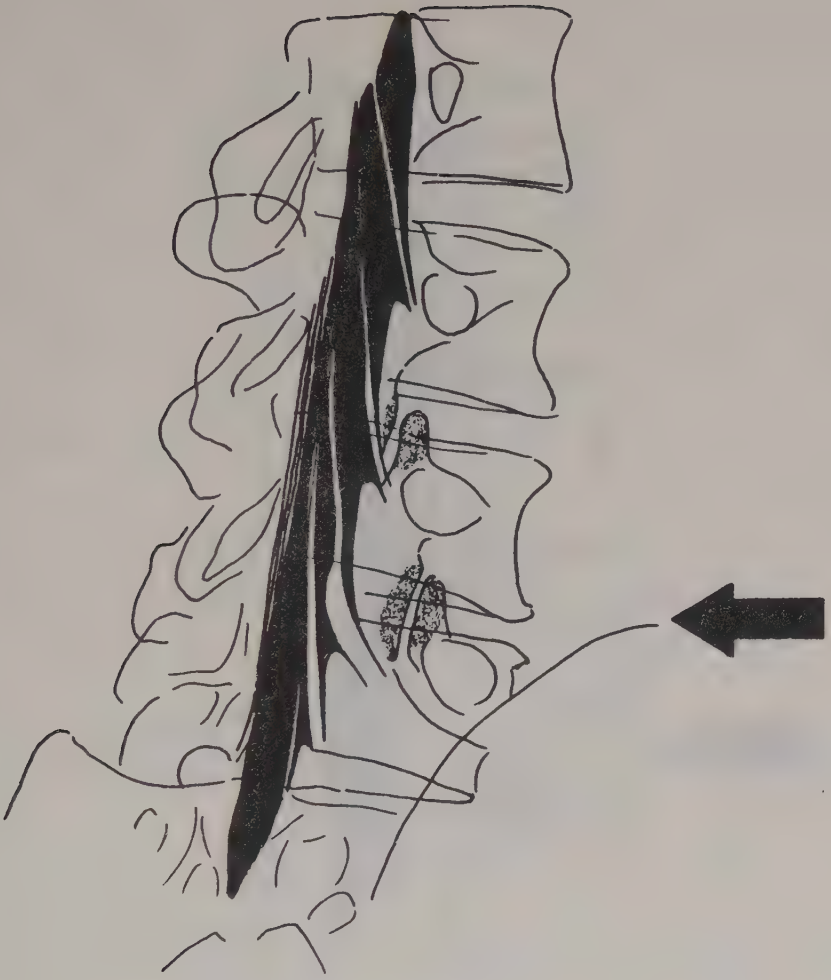


Abb.19: Isolierte spindelförmige Wurzelverbreiterung

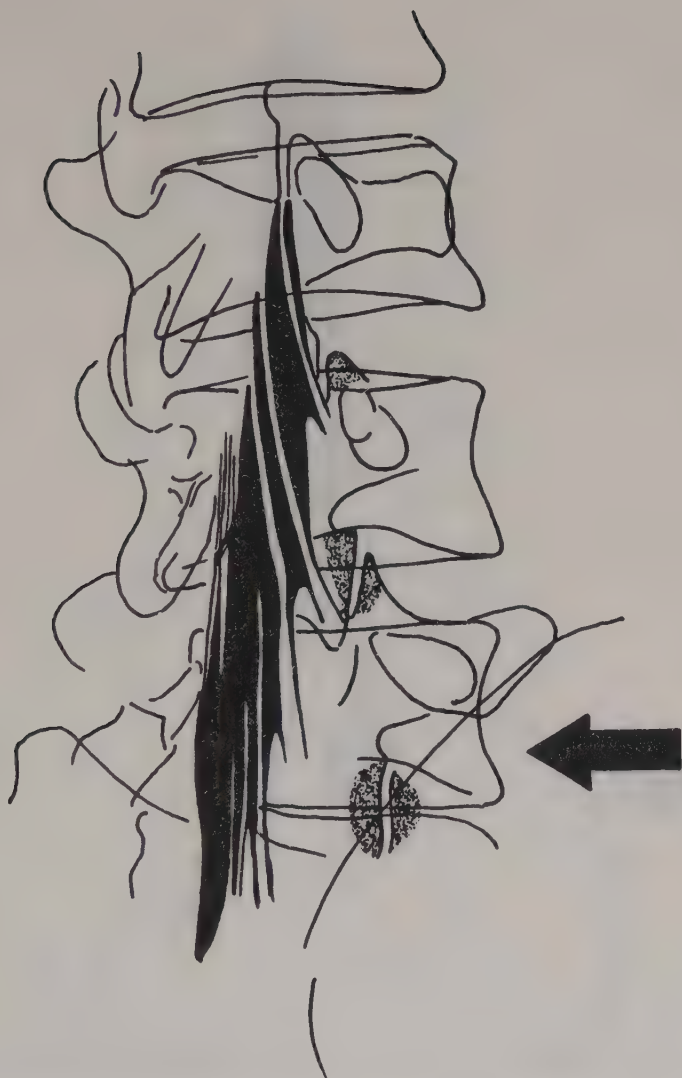


Abb. 20 : Teilweiser peripherer Wurzelscheiden verlust. Mediales Dreieck und ein Teil der medialen Wurzelscheide bleibt erhalten. Verbleibende Wurzelzeichnung leicht verbreitert.

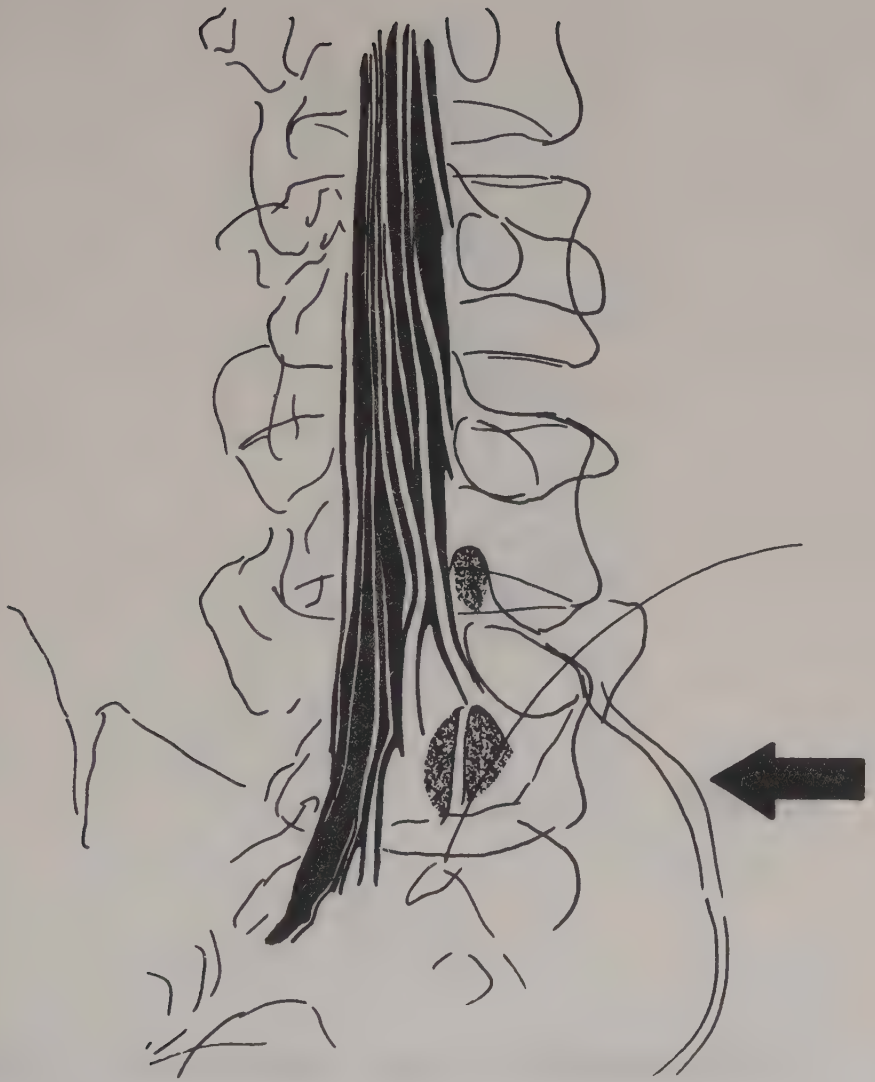


Abb.21: Verlust der peripheren Wurzelscheide
direkt am Übergang zum medialen
Dreieck, welches voll erhalten bleibt.
Wurzelrest leicht verbreitert.

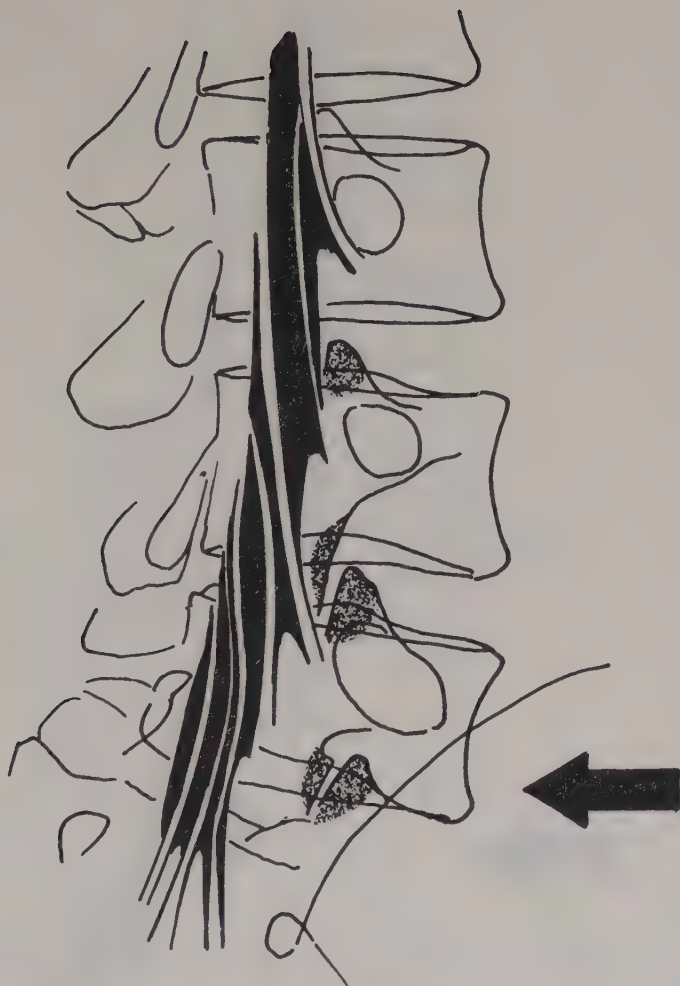


Abb. 22: Peripherer Wurzelscheidenverlust.
Verminderung des Volumens des
medialen Dreiecks.



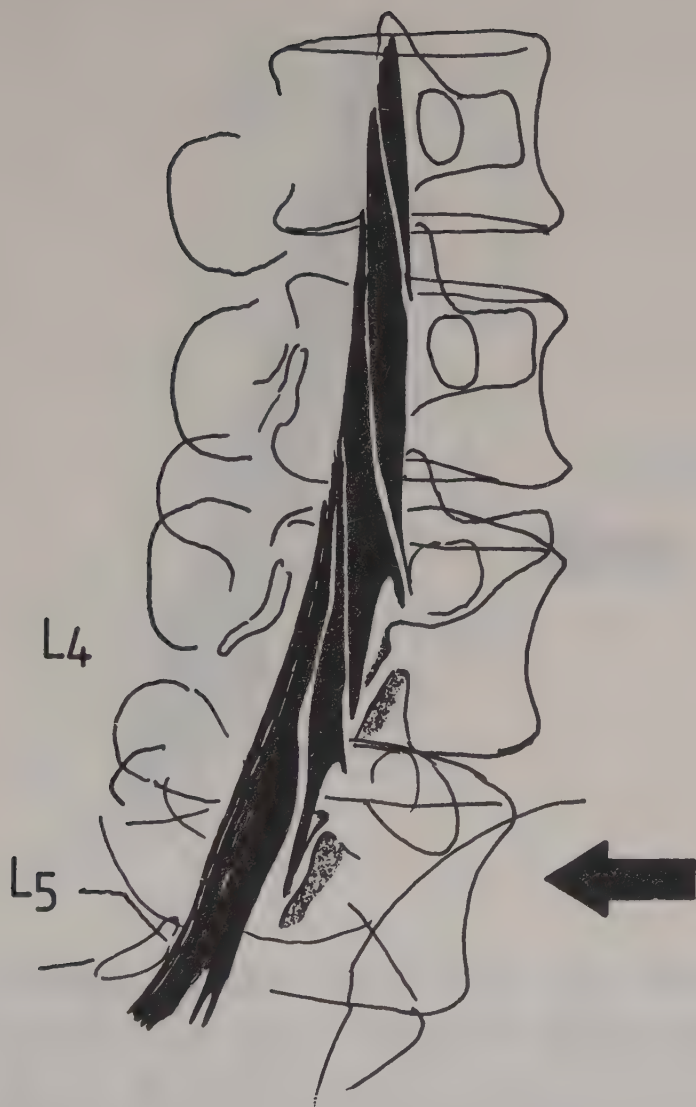


Abb. 23: Peripherer Wurzelscheidenverlust.
Mediales Dreieck fehlt.

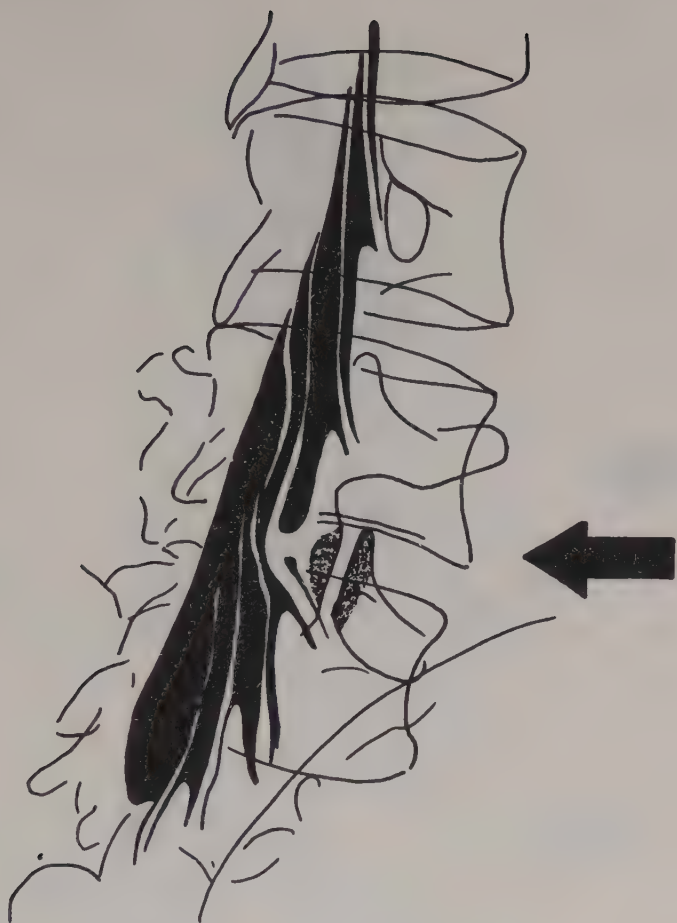
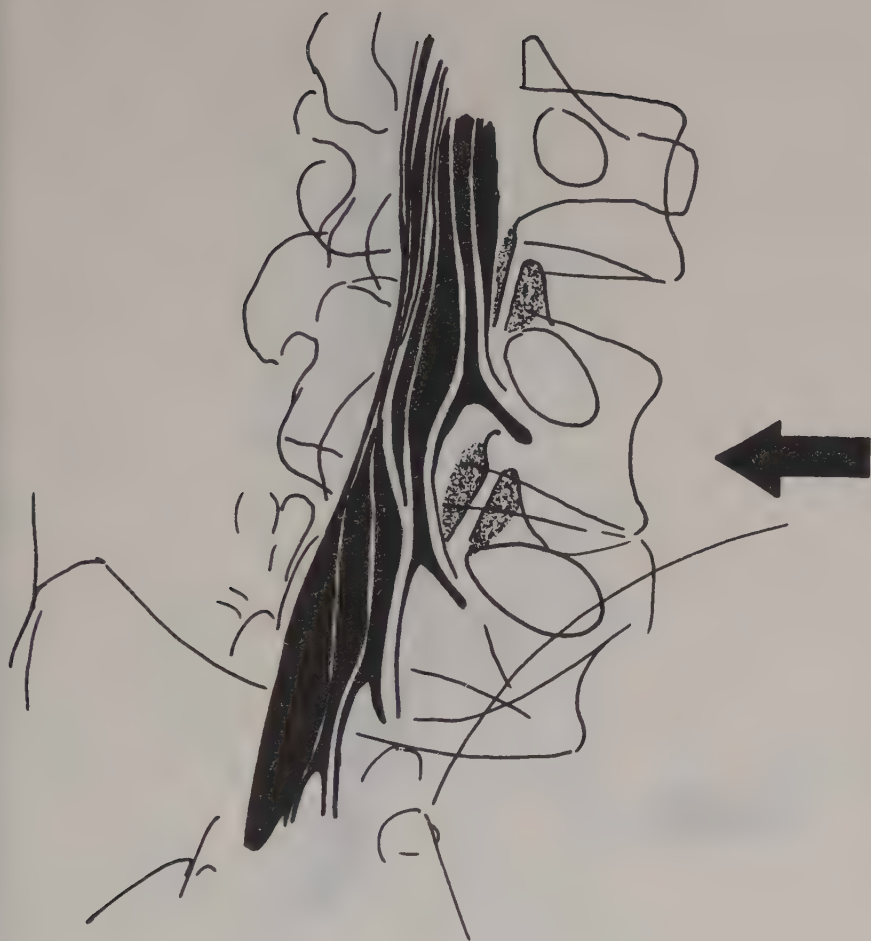


Abb. 24: Eindellung der Dura und der Wurzelscheide an der cranialen Übergangsstelle Dura/periphere Wurzelscheide bei erhaltenem medialem Dreieck und erhaltener peripherer Wurzelscheidenzeichnung.



0.25: Eindellung des Duralsackes und des intra-
duralen Wurzelanteils cranial der Bandscheibe.
bei erhaltenem medialem Dreieck und erhal-
tener oder leicht unterbrochener lateraler
Wurzelzeichnung. Beispiel eines nach cranial
luxierten Prolapses.

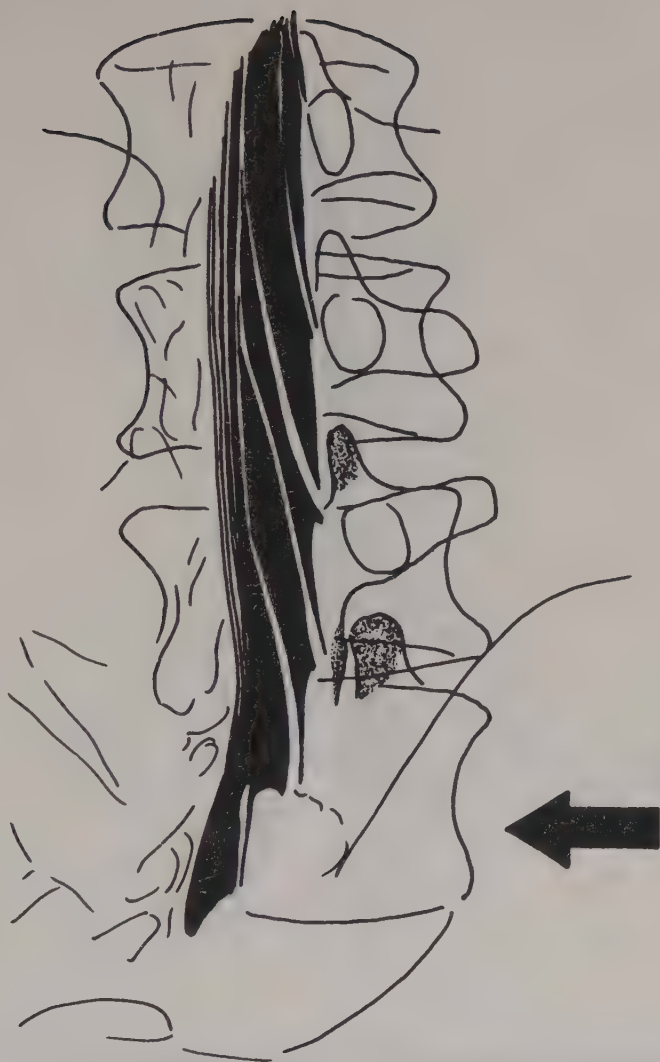


Abb.26: Eindellung des Duralsackes caudal des Dreiecks, mediales Dreieck bleibt erhalten, teilweise peripherer Wurzelscheidenverlust. Wurzelendstrecke häufig verbreitert. Beispiel eines nach caudal luxierten Prolapses.

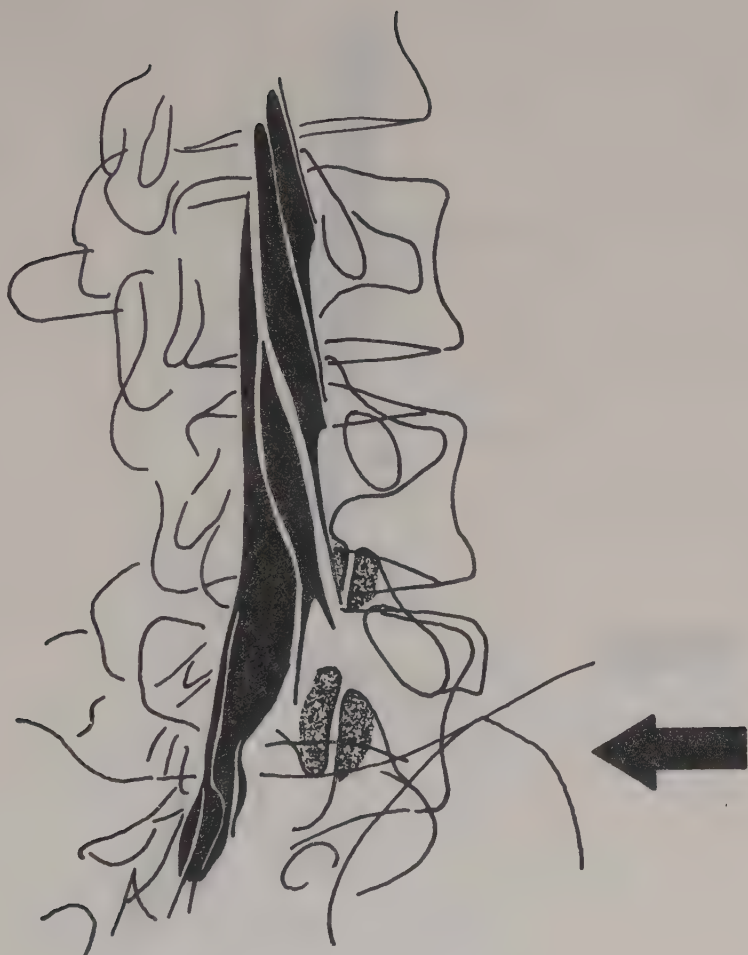


Abb.27: Eindellung des Duralsackes auf der Höhe des Wurzelaustrittes und caudal davon. Mediales Dreieck fehlt. Teilweise peripherer Wurzelscheidenverlust, Wurzelendstrecke häufig verbreitert.

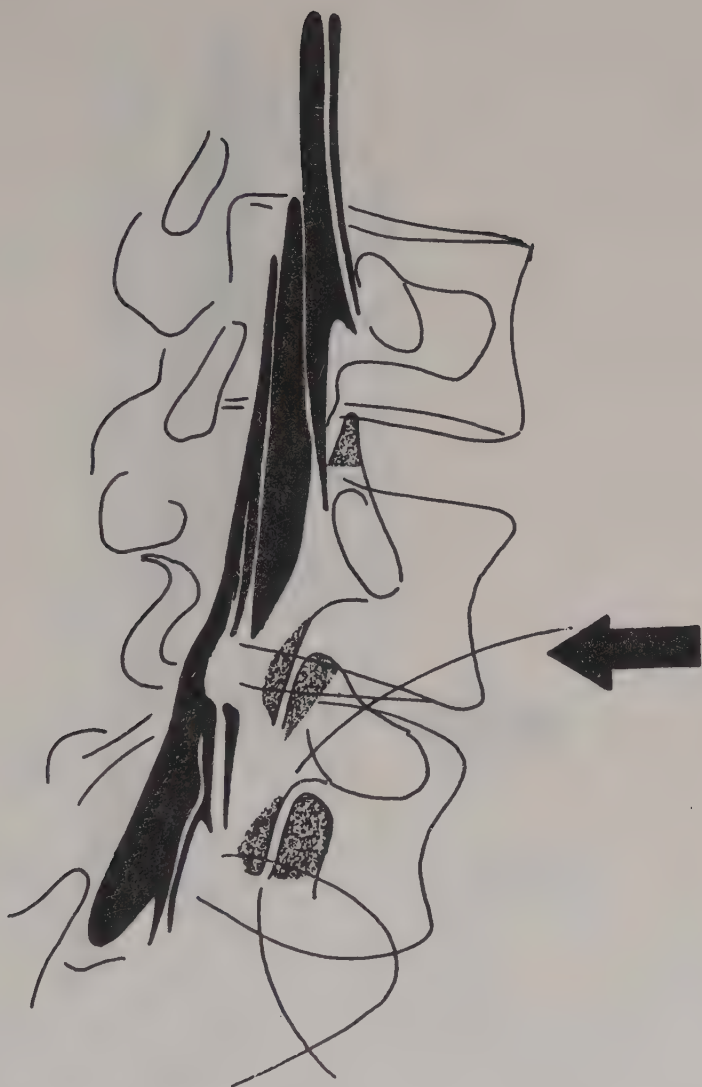


Abb. 28: Komplettes Fehlen der gesamten Wurzelendstrecke in Bandscheibenhöhe; Unterbrechung einer weiteren Wurzel intradural bei Einbruch in die Duralwand.

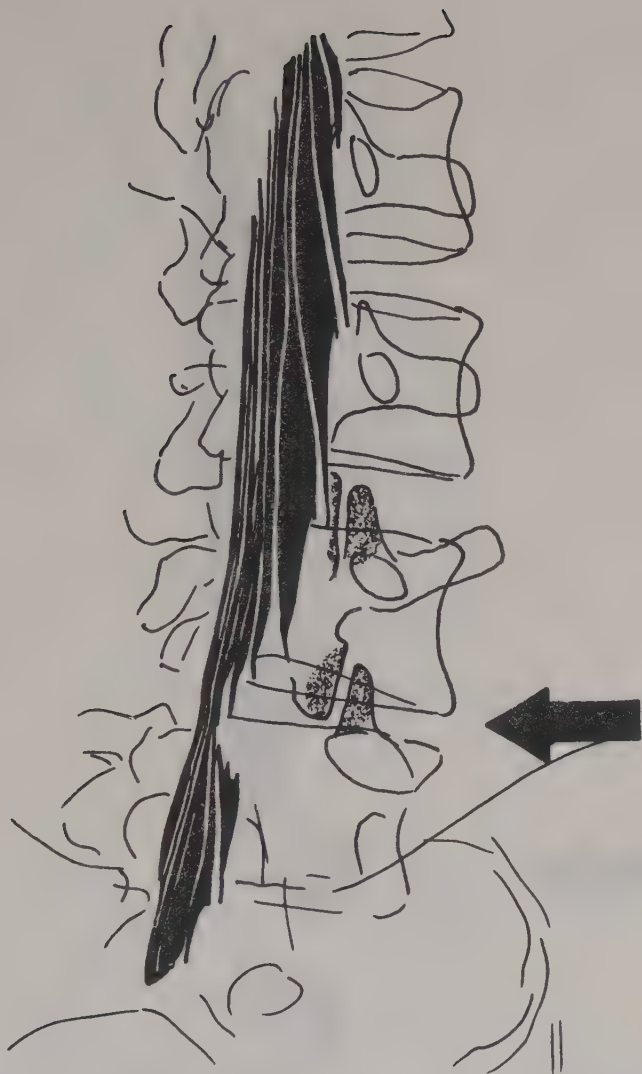


Abb. 29: Komplettes Fehlen der gesamten Wurzel-
endstrecke in Bandscheibenhöhe;
zusätzlich Unterbrechung mehrerer
Wurzeln intradural bei hochgradigem
Einbruch in die Duralwand.

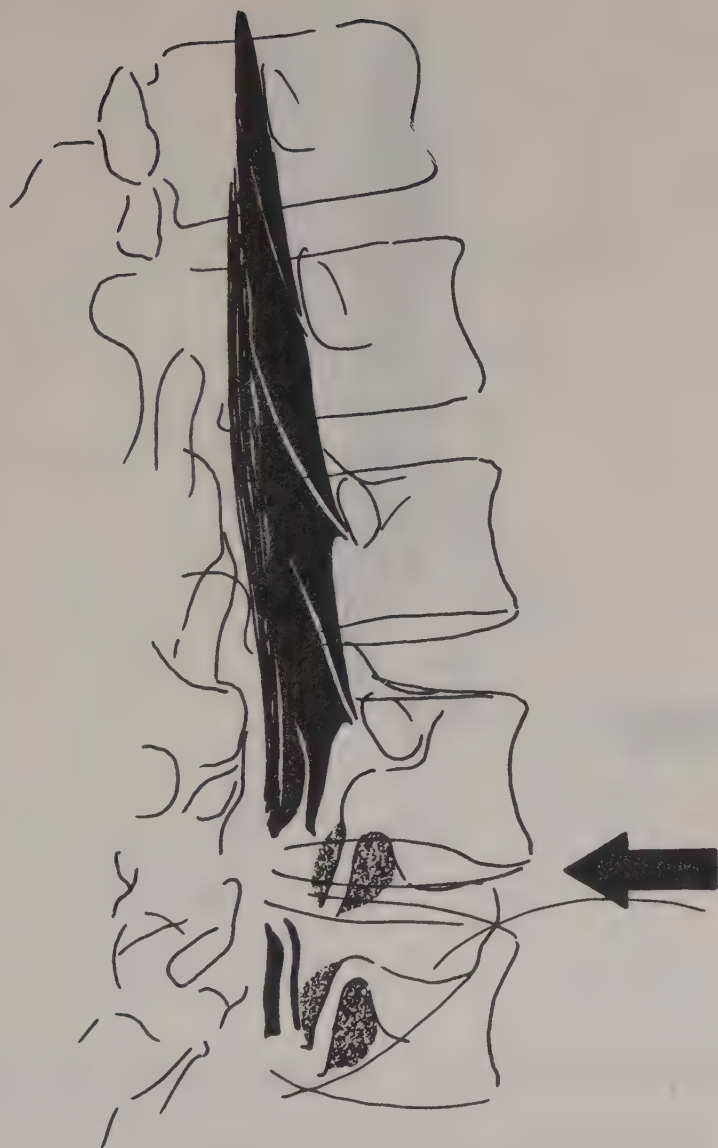


Abb.30: Komplette Unterbrechung aller Wurzeln innerhalb der Dura über eine begrenzte Strecke.

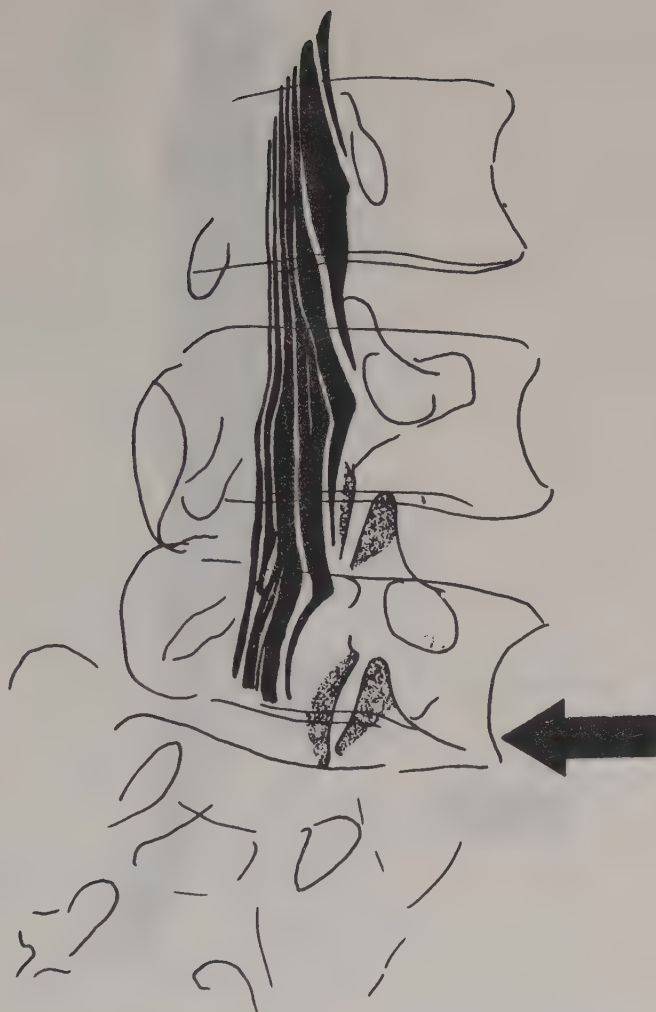


Abb. 31: Abbruch aller Wurzeln bei totalem Kontrastmittelstopp intradural.

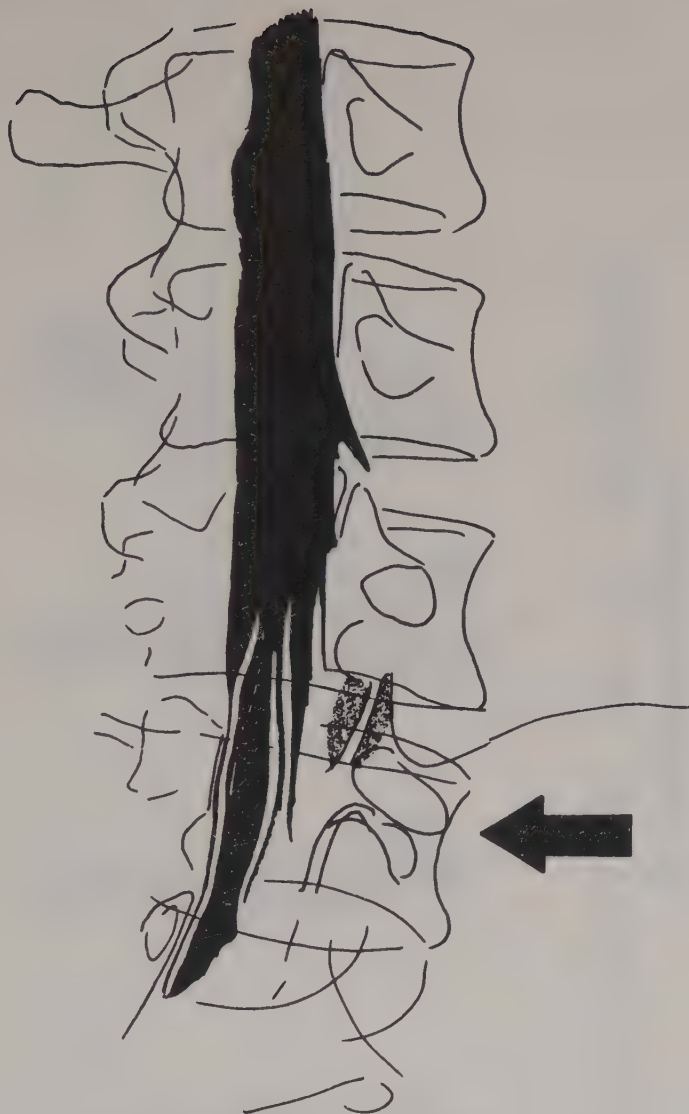


Abb.32: Unscharfe laterale Durakontur
Distale Wurzelscheide verdünnt.
Wurzelzeichnung etwas verbreitert.
Peridurale Narbe nach Bandscheibenprolapsentfernung.

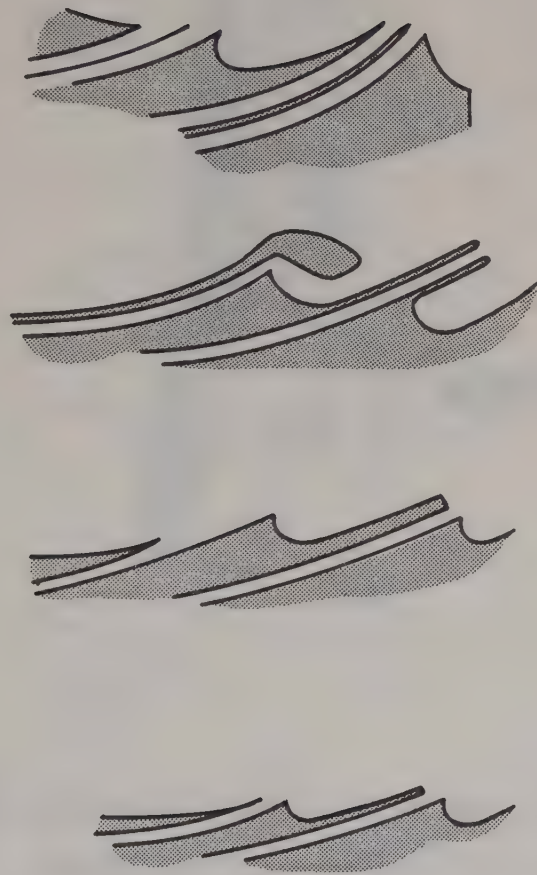


Abb. 33 : Die wesentlichen Typen der Wurzelabgänge
im Lumbosakralbereich
(nach Salamon 1966)

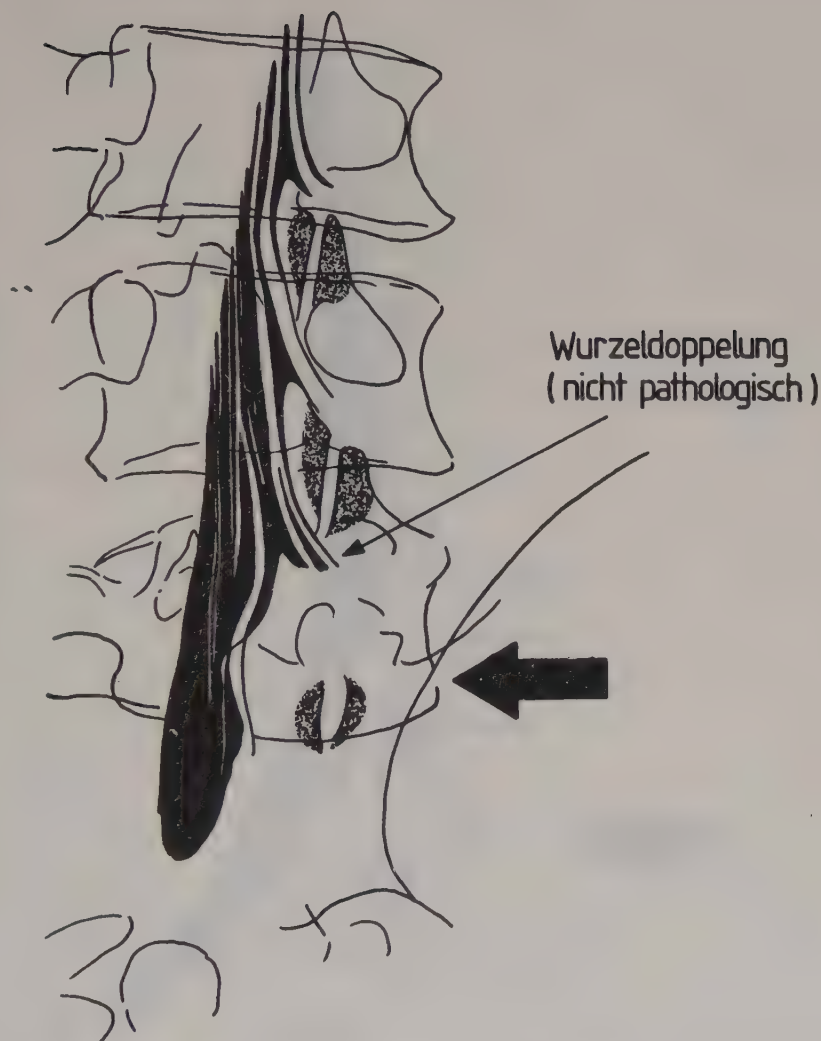


Abb.34: Beispiel einer physiologischen Wurzel -
doppelung L₅ bei Bandscheiben -
prolaps L₅/S₁.

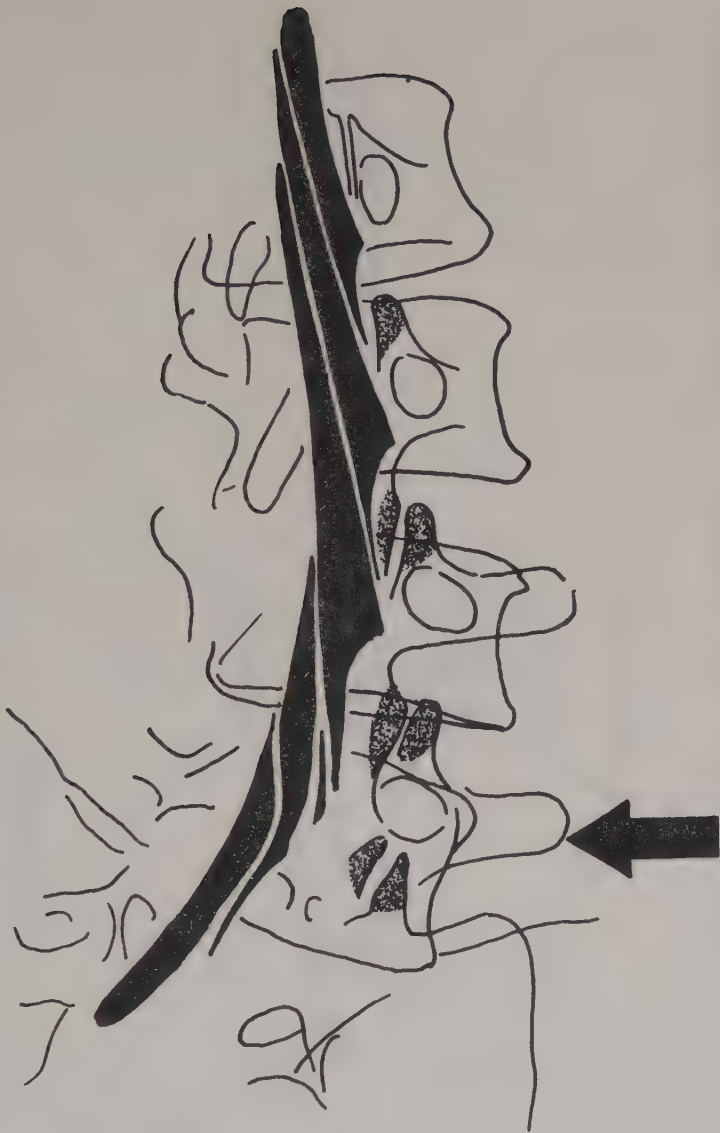


Abb.35: Hochdrängung der Wurzel S₁ gegen die Wurzel L₅ bei Bandscheibenvorfall L₅/S₁ (D.D. Wurzeldoppelung)

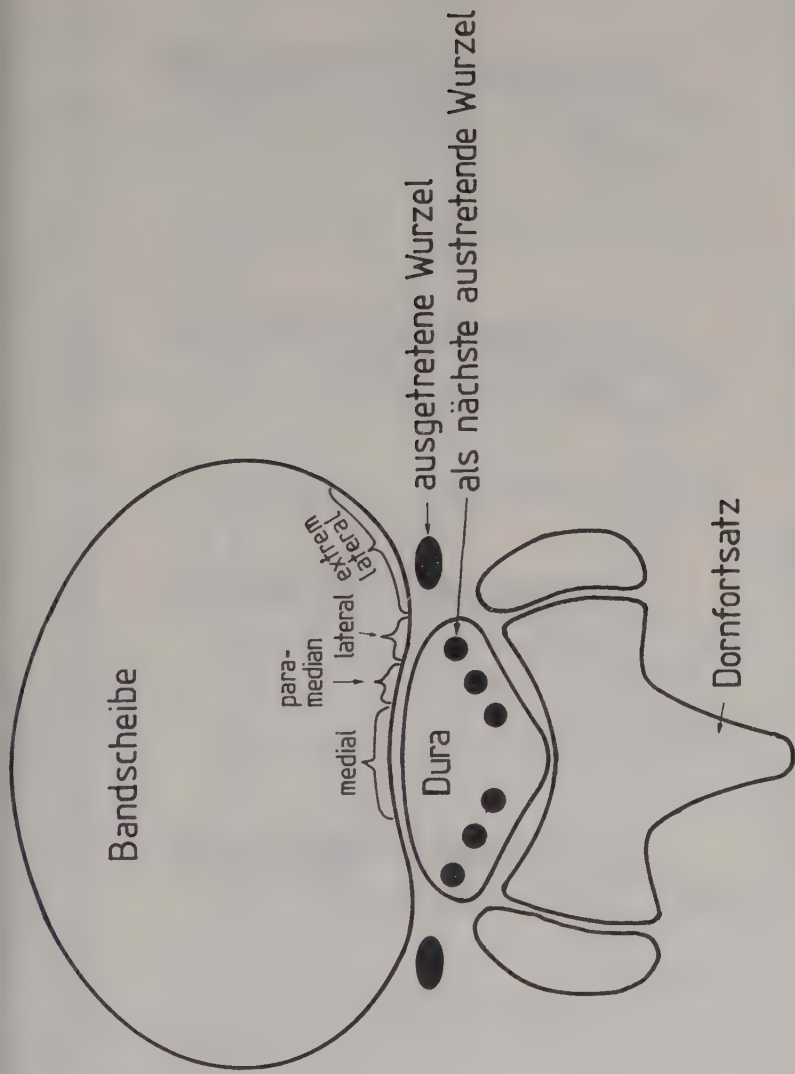


Abb. 36: Horizontalschnitt durch die Wirbelsäule in Höhe einer Bandscheibe. Entsprechend dem Ort des Bandscheibenbruchs können durch eine bestimmte Bandscheibe unterschiedliche Nervenwurzeln betroffen sein (in Anlehnung an SALAMON, 1966).

Abb. 37: Mögliche Kompressionsorte d. Wurzel L5 (1 Wurzel)

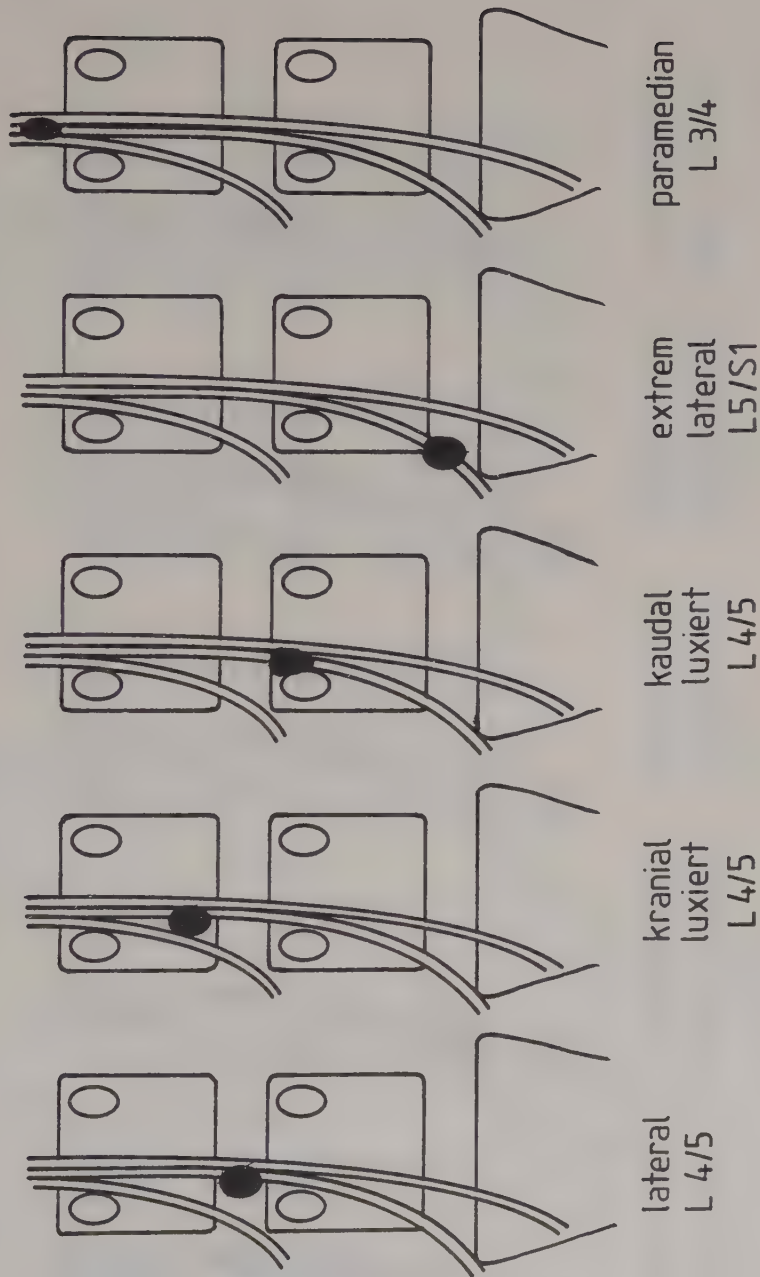
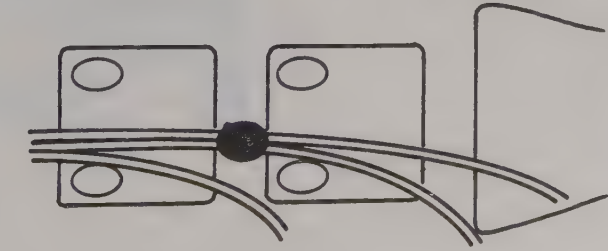
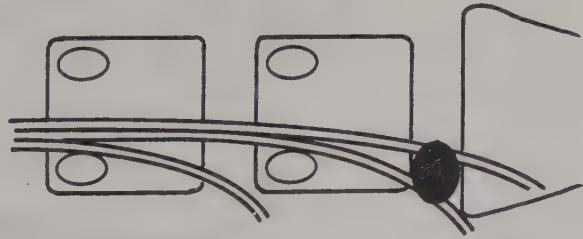


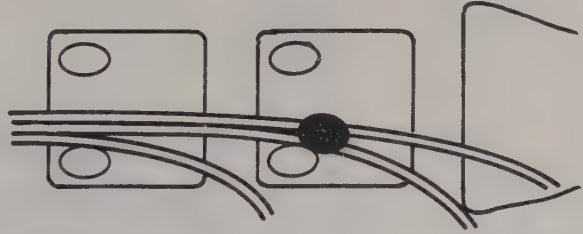
Abb. 38: Mögliche Kompressionsorte der Wurzeln L5 u. S1 (2 Wurzeln)



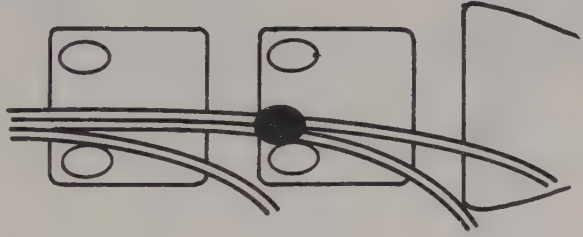
lateral u.
paramedian
L 4/5



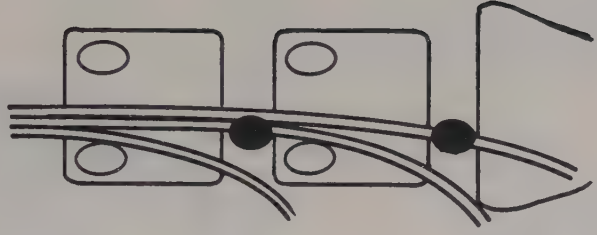
lateral u.
extrem lateral
L 5/S1



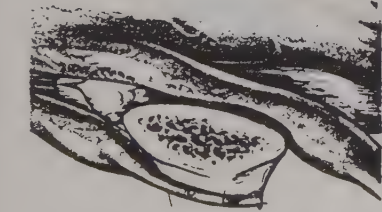
kranial
luxiert
L 5/S1



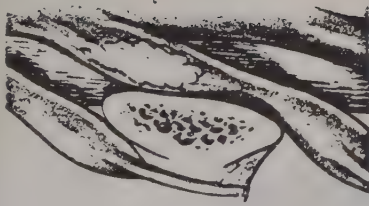
kaudal
luxiert
L 4/5



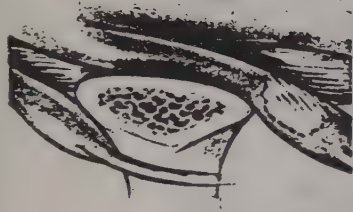
lateral L 4/5 u.
lateral L 5/S1



Oben an der „Schulter“
der Wurzel beim Austritt
aus der Dura.



Unter der Wurzel, wobei er die Wurzel
nach dorsal anhebt (hier kann es oft
schwierig werden, die angespannte
Wurzel nach medial oder lateral zu
verziehen, weil bei älteren Prozessen
Verklebungen bestehen).



Ganz laterale Lage im Wirbelloch.

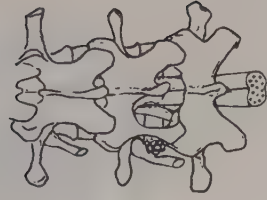
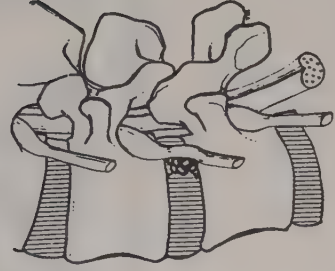


Abb. 39: Intraoperative Lagemöglich-
keiten von Bandscheibenvorfällen
als morphologische Substrate
der myelographischen Abbildungen
(nach HACKENBROCH und WITT
sowie aus PATRICK (1975))



Zwischen Dura und Wurzel,
also in der „Achsel“:



Unter der Dura liegt der mediane Prolaps.

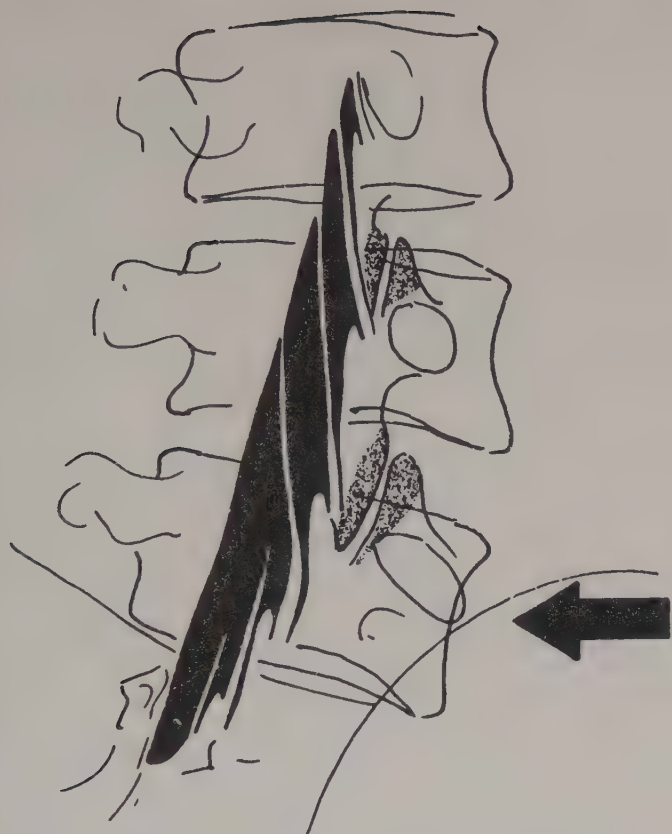


Abb.40 : Beispiel für Bandscheibenvorfall ohne Defekte des Kontrastmittels. Der Prolaps biegt die nach lateral gerichtete Konkavität der Krümmung im Verlauf der Wurzel S1 zur Konvexität um.

